

**CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO Y PROPUESTA DE UN
MODELO DE MEJORA EN “BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA”**

**ANGELA MATILDE PAERES SALGADO
CARLOS ANDRÉS VELANDIA SALAZAR**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2007**

**CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO Y PROPUESTA DE UN
MODELO DE MEJORA EN “BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA”**

**ANGELA MATILDE PAERES SALGADO
CARLOS ANDRÉS VELANDIA SALAZAR**

Pasantia para optar al titulo de ingeniero industrial

**Director
HERNAN SOTO
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2007**

Nota de aceptación:

Trabajo de grado aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de ingeniero industrial.

Ing. JAIRO ALEXANDER LOZANO M.

Jurado

Santiago de Cali, 14 de Marzo de 2007

Dedico este trabajo con todo mi amor a mi madre Nancy, quien con paciencia y amor me ha impulsado para alcanzar cada uno de los logros de mi vida.

Ángela Matilde Paeres Salgado.

A mi madre Maria Salazar por su apoyo incondicional y por creer en mí, a mis familiares y amigos, y en general a todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron para la elaboración de este proyecto.

Carlos Andrés Velandia

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Alexander Aragón Chamorro por sus valiosas orientaciones, por la constante motivación en este trabajo y por compartir con nosotros los conocimientos adquiridos con el tiempo y la experiencia, los cuales nos dieron las bases para sacar adelante este proyecto.

Hernán Soto, especialista en sistemas de producción y director de la investigación, por habernos inducido a realizar un proyecto de este nivel.

Jairo Lozano, ingeniero Industrial por sus valiosos aportes, orientándonos con sus conocimientos y buena amistad.

A los monitores de la sala de industrial Dany Salas y Jorge Mosquera por la generosa colaboración en la disposición de la sala en el momento que requeríamos los servicios en el transcurso del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	18
RESUMEN	39
INTRODUCCION	40
1. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	42
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	42
1.2 SITUACIÓN ACTUAL	42
1.3 MISION	44
1.4 VISION	44
1.5 POLITICA DE CALIDAD	45
1.6 PLANEACION AGRAGADA	45
1.7 BENTONITA	
1.8 ORGANIGRAMA	47
2. TITULO DEL PROYECTO	48
2.1 AREA DONDE SE UBICA EL PROYECTO	48
2.2 PROBLEMA DE INVESTIGACION	48
2.2.1 Planteamiento del problema	48
2.3 FUENTES Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	49
2.3.1 Fuentes primarias	49
2.3.2 Fuentes secundarias: Textos, revistas, documentos, recursos	

Informáticos y bases de datos, capacitaciones	49
3. OBJETIVOS	50
3.1 OBJETIVO GENERAL	50
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	50
4. CARACTERIZACION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA	51
4.1 PROVEEDORES	51
4.1.1 Materia prima	51
4.1.2 Insumos	51
4.2 APROVISIONAMIENTO	52
4.3 PROCESO PRODUCTIVO	52
4.3.1 Planta	52
4.3.2 Descripción del proceso	55
4.3.3 Productos	63
4.4 DISTRIBUCION	64
4.5 CLIENTES	65
4.5.1 Clientes directos	65
4.6 MEDIO AMBIENTE	75
4.7 TECNICAS UTILIZADAS PARA LLEGAR AL MODELO DE MEJORA PROPUESTO	77
4.8 REALIZACION DE UN SISTEMA DE PRONOSTICOS PARA LA DEMANDA DEL AÑO 2007	78

4.8.1 Suavización exponencial doble para el producto Arcicol	79
4.8.2 Suavización exponencial doble para el producto Bentogel	83
4.8.3 Suavización exponencial doble para el producto Sonoita	88
5. SIMULACION DE LOS PROCESOS ACTUALES CON EL SOFTWARE PROMODEL	93
5.1 ANALISIS	93
5.1.1 Evaluación del mes de agosto para el proceso productivo del Arcicol por medio del modelo simulado	93
5.1.2 Paso 1. Elaborar un plan de estudio	93
5.1.3 Paso 2. Definir el sistema	94
5.1.4 Paso 3. Construcción del modelo de simulación	97
5.1.5 Paso 4. Realización del modelo	99
5.1.6 Paso 5. Análisis y obtención de datos	99
5.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DEL PRODUCTO ARCICOL	99
5.2.1 Método de análisis, Tiempo de procesamiento para el producto Arcicol	99
5.2.2 Análisis de las distribuciones obtenidas con el Software Stat fit	109
5.2.3 Análisis del tipo de distribución	112
5.2.4 Estadísticas de adaptación	113
5.3 MODELO SIMULADO	115
5.3.1 Realización de la simulación	115
5.3.2 Análisis de los datos obtenidos	118
5.3.3 Resumen de los problemas encontrados en la organización	132

6. PROPUESTA DE LOS MODELOS DE MEJORA	134
6.1 MODELO DE MEJORA No 1	134
6.1.1 Modelo de mejora 160 horas	134
6.2 MODELO DE MEJORA No	142
6.2.1 Modelo 7 operarios	142
6.3 MODELO DE MEJORA IDEAL	152
6.3.1 Modelo ideal	152
7. CONCLUSIONES	160
8. RECOMENDACIONES	161
BIBLIOGRAFIA	170
ANEXOS	172

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pedidos que se presentaron mes a mes de Arcicol en el año 2006	78
Tabla 2. Suavización Arcicol	79
Tabla 3. Demanda pronosticada para el Arcicol año 2007	80
Tabla 4. Tabla inventario máximo a llevar por mes para el Arcicol en el año 2007	82
Tabla 5. Pedidos registrados mes a mes de Bentogel para el año 2006	83
Tabla 6. Suavización Bentogel	84
Tabla 7. Demanda pronosticada de Bentogel para el año 2007	85
Tabla 8. Inventario máximo a llevar por mes para el producto Bentogel para el año 2007	87
Tabla 9. Pedidos registrados mes a mes para el producto Sonoita	88
Tabla 10. Suavización Sonoita	89
Tabla 11. Pronostico de la demanda de la Bentonita para el año 2007	90
Tabla 12. Inventario máximo a llevar por mes para el producto Sonoita para el año 2007	92
Tabla 13. Recolección de datos para los desplazamientos de la Retroexcavadora	100
Tabla 14. Distribuciones dadas por el Stat Fit para los tiempos de desplazamiento de la retroexcavadora	102

Tabla 15. Recolección de datos para los tiempos de los procesos para la producción de Arcicol	103
Tabla 16. Distribución dada para los tiempos de los procesos para la Producción de Arcicol	104
Tabla 17. Tiempos para los operarios	105
Tabla 18. Pedidos para el mes de agosto	107
Tabla 19. Tiempos de simulación para el modelo original 100 horas	116
Tabla 20. Locaciones	118
Tabla 21. Cantidades reales	119
Tabla 22. Cantidad de bultos	120
Tabla 23. Porcentajes de ocupación en las locaciones	123
Tabla 24. Porcentajes de operación	123
Tabla 25. Recursos utilizados en la producción	126
Tabla 26. Porcentaje del estado de los recursos	126
Tabla 27. Actividad de las entidades	129
Tabla 28. Estados de las entidades	130
Tabla 29. Variables	131
Tabla 30. Tiempos de simulación para el modelo de mejora 160 horas	134
Tabla 31. Locaciones del modelo mejorado 160 horas	135
Tabla 32. Porcentajes de operación para el modelo mejorado 160 horas	137

Tabla 33. Recursos utilizados en la producción para el modelo mejorado 160 horas	139
Tabla 34. Porcentajes del estado de los recursos para el modelo Mejorado 160 horas	139
Tabla 35. Estado de las entidades para el modelo mejorado 160 horas	141
Tabla 36. Variables del modelo mejorado 160 horas	141
Tabla 37. Tiempo de simulación para el modelo mejorado 7 operarios	143
Tabla 38. Locaciones modelo mejorado 7 operarios	144
Tabla 39. Porcentajes de ocupación de las locaciones para el modelo Mejorado de los 7 operarios	146
Tabla 40. Porcentajes de operación para el modelo mejorado 7 operarios	147
Tabla 41. Recursos del modelo mejorado 7 operarios	148
Tabla 42. Estado de los recursos para el modelo mejorado 7 horas	149
Tabla 43. Actividad de las entidades para el modelo mejorado De los 7 operarios	150
Tabla 44. Estado de las entidades para el modelo mejorado de los 7 operarios	151
Tabla 45. Variables del modelo mejorado de los 7 operarios	151
Tabla 46. Tiempo de corrido del modelo ideal	153
Tabla 47. Locaciones del modelo ideal	153
Tabla 48. Estados de las locaciones del modelo ideal	155
Tabla 49. Porcentajes de operación de las locaciones del modelo ideal	156

Tabla 50. Recursos del modelo ideal	157
Tabla 51. Estados de los recursos del modelo ideal	157
Tabla 52. Variables del modelo ideal	158
Tabla 53. Información montacargas	162

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Certificados de calidad de la organización	43
Figura 2. Beta de Bentonita	43
Figura 3. Organigrama de la organización	47
Figura 4. Foto planta de producción	52
Figura 5. Mina de bentonita	55
Figura 6. Retroexcavadora alimentando tolva de quebrantacion	56
Figura 7. Quebrantadora	56
Figura 8. Dosificador de A1	57
Figura 9. Montones almacenados bodega de añejamiento	58
Figura 10. Secador	59
Figura 11. Proceso de dosificación A2	59
Figura 12. Secador y molienda	60
Figura 13. Proceso de empaque	61
Figura 14. Zona de empaque	61
Figura 15. Bodega de producto terminado	62
Figura 16. Saco de Arcicol	63
Figura 17. Saco de Bentogel	63
Figura 18. Saco de sonoita	64
Figura 19. Canoa de fundición	66

Figura 20. Lodo de perforación para pozo petrolero	67
Figura 21. Esquema eléctrico para el grafito rígido	69
Figura 22. Ejemplo aplicación Bentogel para obturar fugas en suelos	70
Figura 23. Jabones detergentes comunes	71
Figura 24. Impermeabilización en el área de un lago de pesca	72
Figura 25. Ejemplo de animal para el que se elabora alimento concentrado	73
Figura 26. Demostración mezcla para aditivo	74
Figura 27. Caracterización	76
Figura 28. Grafico de la demanda vs. El pronostico para arcicol	80
Figura 29. Tendencia del pronóstico de la demanda del arcicol para el año 2007	81
Figura 30. Análisis comparativo de la demanda del Arcicol Vs. el pronostico	81
Figura 31. Grafico de la demanda vs. El pronostico para el Bentogel	85
Figura 32. Grafico de la tendencia del pronóstico de la demanda de Bentogel para el año 2007	86
Figura 33. Análisis comparativo de la demanda del Bentogel vs. el Pronostico	86
Figura 34. Grafico de la demanda vs. el pronostico para la sonoita	90
Figura 35. Tendencia del pronóstico para el año 2007 de la sonoita	91
Figura 36. Demanda año 2006 Vs. Demanda pronosticada año 2007 de la Sonoita	91
Figura 37. Modelo de simulación	117

Figura 38. Porcentajes de utilización para las locaciones	122
Figura 39. Bloqueo de material en el proceso de secado	125
Figura 40. Estado de los recursos	128
Figura 41. Porcentajes de utilización de las locaciones para el modelo 160 horas	136
Figura 42. Porcentaje de bloque en el modelo mejorado 160 horas	138
Figura 43. Estado de los recursos para el modelo mejorado 160 horas	140
Figura 44. Porcentajes de utilización de las locaciones del modelo mejorado 7 operarios.	145
Figura 45. Porcentajes de operación para el modelo mejorado 7 operarios	147
Figura 46. Estados de los recursos para el modelo mejorado 7 operarios	149
Figura 47. Grafico de la utilización de las locaciones para el modelo ideal	154
Figura 48. Grafico de los porcentajes de operación de las locaciones en el modelo ideal	156
Figura 49. Grafico del estado de los recursos del modelo ideal	158
Figura 50. Montacargas CATERPILLAR	163
Figura 51. Componentes del montacargas	164
Figura 52. Eslogan Caterpillar	165
Figura 53. Retroexcavadora	166

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado Del análisis del Stat Fit para T0	172
Anexo 2. Resultado Del análisis del Stat Fit para T1	172
Anexo 3. Resultado Del análisis del Stat Fit para T2	173
Anexo 4. Resultado Del análisis del Stat Fit para T3	173
Anexo 5. Resultado Del análisis del Stat Fit para T4	174
Anexo 6. Resultado Del análisis del Stat Fit para T5	174
Anexo 7. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Quebrantado	175
Anexo 8. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Triturado	175
Anexo 9. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Secado	176
Anexo 10. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Molienda	176
Anexo 11. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Empaque por cada 10 bultos.	177
Anexo 12. Resultado Del análisis del Stat Fit para la distribución de los pedidos de arcicol para el mes de agosto	177

GLOSARIO

Durante la realización de este proyecto es necesario familiarizarse con conceptos, enfoques y herramientas que van a emplearse durante la ejecución del proyecto, los cuales van a ayudar a una mejor comprensión de los procedimientos, de las aplicaciones y del análisis de los resultados.

Para empezar a estructurar este marco teórico, es importante definir el concepto de proceso productivo, puesto que constituye la base para el análisis del desarrollo del proyecto.

ASPECTOS DE LOS SISTEMAS DE PRONÓSTICOS: Uno de los aspectos más importantes a la hora de hallar los pronósticos de la demanda es que siempre estarán errados, pues es una predicción de lo que puede ocurrir y esto nos lleva a conocer a fondo los errores de los pronósticos y responder a ellos de forma adecuada mediante la utilización del inventario de seguridad.

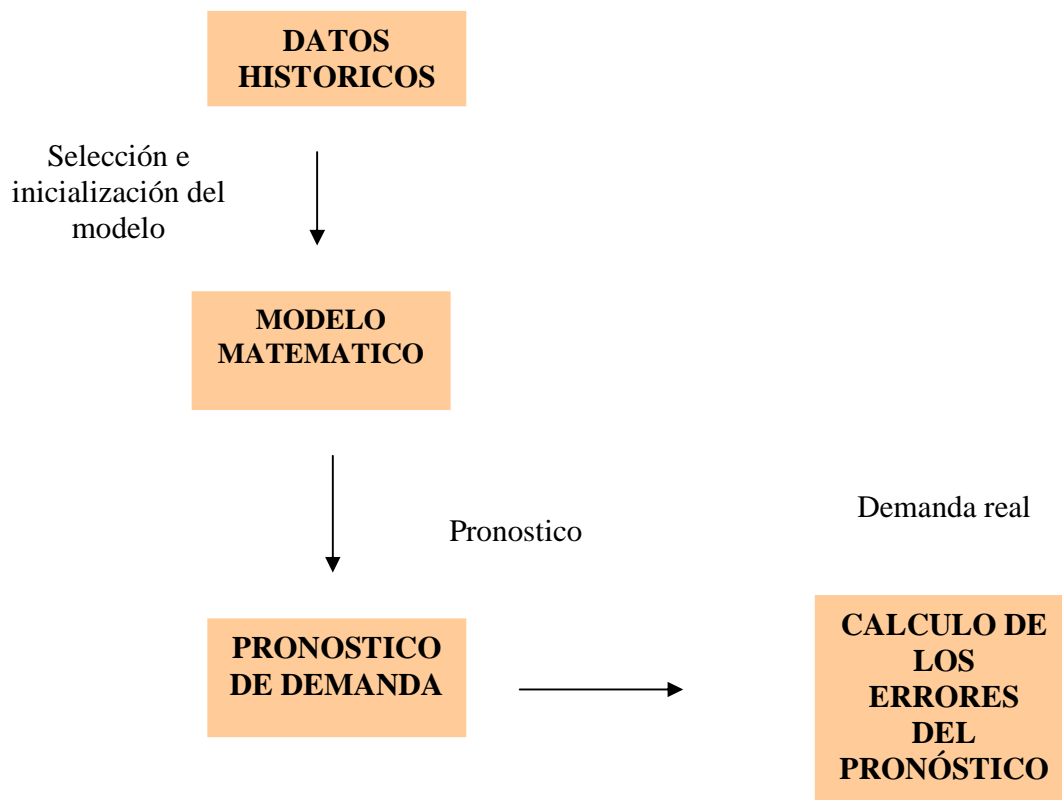
También podemos comprender la importancia que tienen los registros históricos de demanda de la organización, pues estos permiten escoger el mejor modelo a utilizar, permitiendo pronosticar el desenvolvimiento de los productos a futuro.

Pasos para realizar un sistema de pronósticos:

Variabilidad de la demanda: Forma de estimar y determinar la cantidad adecuada del inventario de seguridad, fundamentalmente para balancear inventarios, evitar excesos de inventarios de materiales de poca rotación y de agotados.

Conveniencia del modelo: Ayuda al encargado de los inventarios a determinar su intervención.

Costo del sistema: Es el costo total del sistema escogido, el cual entre más sofisticado se pronostique mejor será su demanda y su variabilidad, aunque esto incurra en un mayor costo al requerir esfuerzo humano y rotación, por eso el sistema de pronósticos ideal deberá operara cerca de la zona donde el costo sea mínimo.



CAPITAL: El capital es el que designa un conjunto de bienes y una cantidad de dinero de los que se puede obtener, en el futuro, una serie de ingresos. En general, los bienes de consumo y el dinero empleado en satisfacer las necesidades actuales se representan en los sistemas de producción. Por lo tanto, una empresa considerará como capital la tierra, los edificios, la maquinaria, los productos almacenados, las materias primas que se posean, así como las acciones, bonos y los saldos de las cuentas en los bancos. No se consideran como capital, en el sentido tradicional, las casas, el mobiliario o los bienes que se consumen para el disfrute personal, ni tampoco el dinero que se reserva para estos fines.

CARACTERIZACIÓN DE UN PROCESO: Documento en el que se especifican las características fundamentales de un proceso, definiendo entradas, salidas, recursos y responsables.

COMPONENTES DEL PROCESO PRODUCTIVO: Cuando se entra a caracterizar el proceso productivo de una organización, lo que se pretende fundamentalmente es percibir si en el proceso hay fallas para poder analizarlas y mejorarlas.

CONSIDERACIONES DEL PROCESO PRODUCTIVO: Al analizar los factores que afectan el proceso productivo de la organización, hay que considerar las variables que influyen en él o que lo limitan, y son:

Los proveedores. Quiénes son, qué cantidad se compra y con qué frecuencia

El aprovisionamiento. Transporte que se utiliza a la hora de traer la materia prima y cantidad que se adquiere en un determinado periodo de tiempo.

El proceso como tal. El flujo del sistema, las capacidades de las maquinas y todos los factores que intervienen en dicho proceso.

La distribución. Forma en que se distribuye el producto tanto dentro del proceso productivo, como fuera de el. Distribución hacia el cliente.

Cliente. Quienes son los clientes al que va dirigido el producto.

DISTRIBUCIÓN: Función comercial que consiste en poner los productos en el mercado para que puedan ser adquiridos por los consumidores.

DISTRIBUCIONES: El comportamiento estocástico de una magnitud o variable aleatoria X queda determinado por su función de distribución siendo estas:

Distribución beta: Es una distribución continua de parámetros positivos a y b , tiene como soporte el intervalo $(0,1)$ por lo que suele utilizarse en la modelización de variables que se encuentran en este rango. Un caso especial de la distribución Beta con $a = 1$ y $b = 1$ es la probabilidad uniforme.

Distribución weibull: La distribución de Weibull se suele utilizar para modelizar tiempos de falla de componentes mecánicos o eléctricos o también para analizar tiempos de realización de una tarea. La distribución Weibull es versátil puesto que exhibe varios perfiles que dependen del valor del parámetro α por ejemplo para $\alpha < 1$ tiene una forma de J transpuesta, y si $\alpha > 1$, la función de densidad de Weibull presenta un pico único. Si $\alpha = 3.6$ la distribución es Asimétrica, si es menor que

3.6 tiene un sesgo positivo y si es mayor a 3.6 tiene un sesgo negativo. Casos especiales:

Si $\alpha = 1$, al igual que la distribución Gamma se convierte en una exponencial negativa.

Si $\alpha = 2$ y se reemplaza β por $\sqrt{2}\sigma$ la función de densidad se reduce a la función de densidad de probabilidad que se conoce como distribución Rayleigh.

Distribución de pearson: La distribución χ^2 de Pearson con n grados de libertad se define como la distribución que sigue la variable definida como suma de los cuadrados de n variables normales tipificadas independientes.

Distribución logística: La distribución logística de parámetros $a \in \mathbb{R}$ y $b > 0$ se ha llegado a utilizar como sustituta de la normal debido a su forma acampanada y de más fácil manejo. Más frecuente es su uso en la modelización de respuestas aleatorias binarias, como en la regresión logística.

Distribución Log-normal: Esta distribución es frecuentemente utilizada en las aplicaciones estadísticas. Su propio nombre indica su extendida utilización, justificada por la frecuencia o normalidad con la que ciertos fenómenos tienden a parecerse en su comportamiento a esta distribución.

Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana.

En otras ocasiones, al considerar distribuciones binomiales, tipo $B(n,p)$, para un mismo valor de p y valores de n cada vez mayores, se ve que sus polígonos de frecuencias se aproximan a una curva en "forma de campana".

En resumen, la importancia de la distribución normal se debe principalmente a que hay muchas variables asociadas a fenómenos naturales que siguen el modelo de la normal:

Caracteres morfológicos de individuos (personas, animales, plantas,...) de una especie, por ejemplo: tallas, pesos, envergaduras, diámetros, perímetros,...

Caracteres fisiológicos, por ejemplo: efecto de una misma dosis de un fármaco, o de una misma cantidad de abono.

Caracteres sociológicos, por ejemplo: consumo de cierto producto por un mismo grupo de individuos, puntuaciones de examen.

Caracteres psicológicos, por ejemplo: cociente intelectual, grado de adaptación a un medio,...

Errores cometidos al medir ciertas magnitudes.

Distribución normal: Esta distribución es frecuentemente utilizada en las aplicaciones estadísticas. Su propio nombre indica su extendida utilización, justificada por la frecuencia o normalidad con la que ciertos fenómenos tienden a parecerse en su comportamiento a esta distribución.

Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana.

En otras ocasiones, al considerar distribuciones binomiales, tipo $B(n,p)$, para un mismo valor de p y valores de n cada vez mayores, se ve que sus polígonos de frecuencias se aproximan a una curva en "forma de campana".

En resumen, la importancia de la distribución normal se debe principalmente a que hay muchas variables asociadas a fenómenos naturales que siguen el modelo de la normal.

Caracteres morfológicos de individuos (personas, animales, plantas,...) de una especie, tallas, pesos, envergaduras, diámetros, perímetros,...

Caracteres fisiológicos, por ejemplo: efecto de una misma dosis de un fármaco, o de una misma cantidad de abono.

Caracteres sociológicos, por ejemplo: consumo de cierto producto por un mismo grupo de individuos, puntuaciones de examen.

Caracteres psicológicos, por ejemplo: cociente intelectual, grado de adaptación a un medio,...

Errores cometidos al medir ciertas magnitudes.

Valores estadísticos muestrales, por ejemplo: la media.

Distribución triangular: Se emplea básicamente en Economía y en aquellos problemas en los cuales se conocen muy pocos o ningún dato.

Esta distribución tiene 3 parámetros, a (límite inferior de la variable); b (el modo) y c (límite superior de la variable).

La esperanza es $(a+b+c)/3$ y la varianza es $(a(a-b)+c(c-a)+b(b-c))/18$

Aplicaciones: La distribución triangular se define luego que se conocen los 3 parámetros a, b y c.

La distribución triangular es útil como una aproximación inicial en situaciones par las que no se dispone de datos confiables.

Nos permite estimar las duraciones de las actividades de un proyecto usando las tres estimaciones: optimista, muy pesimista, y pesimista.

Se denomina triangular cuando viene definida por dos parámetros, que representan el valor mínimo y el valor máximo de la variable. En este caso el triángulo es equilátero. Se denomina triangular (triangular general), cuando viene dada por tres parámetros, que representan el valor mínimo y el valor máximo de la variable, y el valor del punto en el que el triángulo toma su altura máxima. En este caso el triángulo no es necesariamente equilátero.

Distribución johnson SB: Esta función tiene 4 parámetros, siendo dos de ellos el diámetro mínimo y el rango diametrico. Esta distribución es muy práctica y se adapta a cualquier distribución univariadas. Esta función supone una forma lineal del logaritmo del porcentaje del diámetro sobre su rango, el cual a su vez tiene una distribución normal con media 0 y varianza 1.

Distribución de Erlang: En estadística y en simulación la distribución Erlang, es una distribución de probabilidad con dos parámetros K y X.

Esta distribución es equivalente de la distribución gamma con el parámetro

$K = 1, 2, \dots$ $\lambda = 1 / \theta$. Para $k = 1$ eso es la distribución exponencial. Se utiliza la distribución Erlang para describir el tiempo de espera hasta el suceso número K en un proceso de poisson.

Distribución extreme value: La teoría extrema del valor es un rama de la estadística que se ocupa de las desviaciones extremas del punto medio de las distribuciones de la probabilidad. La teoría general se precisó para determinar el tipo de distribuciones de la probabilidad generadas por procesos. La teoría extrema del valor es importante para determinar el riesgo para los acontecimientos altamente inusuales.

Distribución power fuction: Distribución que tiene una variable como base. La forma general de una distribución de este tipo esta dada por dos variables constantes a y n .

EFICACIA. Se refiere al grado de avance y/o cumplimiento de una determinada variable respecto a la programación prevista. Para efecto de la Evaluación Presupuestal, la Eficacia se aplica al grado de ejecución de los ingresos y gastos respecto al Presupuesto Institucional de Apertura (PIA) y el Presupuesto Institucional Modificado (PIM), así como el grado de cumplimiento de las Metas Presupuestarias.

EFICIENCIA. El Indicador de Eficiencia relaciona dos variables, permitiendo mostrar la optimización de los insumos (entendiéndose como la mejor combinación y la menor utilización de recursos para producir bienes y servicios) empleados para el cumplimiento de las Metas Presupuestarias. Los insumos son los recursos financieros, humanos y materiales empleados para la consecución de las metas.

EL AUTOMÓVIL: La función apta cabe automáticamente en las distribuciones continuas, proporciona comparaciones relativas entre los tipos de distribución, y una medida absoluta de la aceptabilidad de cada distribución. La función de la exportación traduce la mejor distribución a las formas específicas para el software

de la simulación. Las características incluyen estadística descriptiva, estimaciones del parámetro, la calidad de las pruebas del ajuste, el análisis gráfico, la generación al azar de la variante aleatoria, la exportación a los productos de la simulación, y más.

Permite lograr 4 objetivos que apoyan a que los resultados de Simulación sean confiables:

Ajuste de Curvas: Ayuda a encontrar la mejor distribución para representar los datos, utilizando las pruebas de Bondad de Ajuste más comúnmente conocidas, como son: Anderson – Darling, Chi – Cuadrada y Kolmogorov – Smirnov.

Número de réplicas: Permite determinar el número de réplicas para correr un modelo de simulación.

Tamaño de la muestra: Determinar el tamaño de la muestra para toma de tiempos de proceso y transportación.

Gráficos: Permite graficar los datos de entrada, graficar todas las distribuciones de probabilidad que se pueden utilizar y hacer estadística descriptiva de datos.

EL SERVICIO AL CLIENTE: Incluye en sentido amplio la disponibilidad de inventario, la velocidad de entrega, la rapidez y precisión para cumplir con un pedido.

EL SISTEMA DE CONTROL CONTINUO (S,Q):

SS = Inventario de seguridad.

k = Factor de seguridad

σ_L = Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición L , en unidades.

P_1 = Probabilidad de no ocurrencia de faltantes.

$P_u(k)$ = Probabilidad de que la normal unitaria $N(0,1)$ tome un valor mayor o igual que k .

k = Factor de seguridad

L = Tiempo de reposición, en años.

Entonces el inventario de seguridad es:

$$SS = K \cdot \sigma_L$$

Donde

$$\sigma_L = \sigma \cdot \sqrt{L}$$

ENFOQUE PULL. Mediante la disminución del lead time y la correcta especificación de valor, deje que los clientes consigan lo que desean exactamente cuando lo desean:

Estructure el sistema tal que el cliente pueda jalar valor.

El efecto jalar permite eliminar desperdicios de: Diseños, obsoletos, inventarios, sistemas de seguimiento de la información, etc.

Diagnosticque su sistema productivo y su cadena de suministro, y cambie hacia el nivel Pull conveniente.

ERRORES DEL PRONÓSTICO. Principalmente son tres errores:

- Variabilidad de la demanda: Forma de estimar y determinar la cantidad adecuada del inventario de seguridad, fundamentalmente para balancear inventarios, evitar excesos de inventarios de materiales de poca rotación y de agotados.

- Conveniencia del modelo: Ayuda al encargado de los inventarios a determinar su intervención.

- Costo del sistema: Es el costo total del sistema escogido, el cual entre más sofisticado se pronostique mejor será su demanda y su variabilidad, aunque esto incurra en un mayor costo al requerir esfuerzo humano y rotación, por eso el sistema de pronósticos ideal deberá operara cerca de la zona donde el costo sea mínimo.

Indicadores de eficiencia: Un sistema de pronósticos es útil para el proceso de toma de decisiones, por eso es importante conocer su eficiencia y su exactitud a través de indicadores como:

LA LOGÍSTICA: Se define oficialmente a la logística como el proceso de planificar, llevar a la práctica y controlar el movimiento y almacenamiento de forma eficaz y costos efectivos de materias primas, productos en fabricación y productos terminados y la información con ellos relacionada, desde el punto de origen hasta el lugar de consumo, con el fin de actuar conforme a las necesidades del cliente.

LOS INSUMOS: Implica la adquisición, recepción y almacenamiento de materias primas. Pueden ser materiales o personas.

LOS INVENTARIOS: Son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística en una empresa.

MANAGNIG: Es la gestión / administración del sector. Está a cargo del encargado del sector, y lo hará a través del manejo y control de las maquinas anteriormente mencionadas. Así podrá informar de manera inmediata y detallada a la Jefatura ó Gerencia a la cual deba responder, elevando en una apretada síntesis logros y necesidades de su sector. A su vez recibirá directivas, las cuales deberá bajar y aplicar en su sector. En este sentido es de suma importancia, fomentar la comunicación horizontal entre encargados, para apoyarse mutuamente en sus labores, y compartir experiencias que ayuden a la mejora del funcionamiento de la organización. Un buen proceso productivo debe conseguir:

Añadir un valor importante al producto y al cliente.

Una respuesta más rápida y eficiente a la hora de la entrega del producto terminado.

Un mayor rendimiento sobre la inversión posible con el tiempo.

Aumento de mejoras en la calidad del producto y del servicio al cliente.

Poder planear, organizar y controlar los recursos de la organización para alcanzar los objetivos.

Sacar con el tiempo el máximo provecho del rendimiento acumulado sobre la inversión.

MANO DE OBRA: Es posiblemente una de las más importantes. En general cualquier proceso, incluso los de mayor grado de automatización, tienen un componente cuantitativo / cualitativo de mano de obra más ó menos especializada. La mano de obra que trabaje en un proceso, debe estar instruida y entrenada en las operaciones, sabiendo diferenciar un producto bueno de uno que no lo es. Deben conocer como reaccionar ante una no conformidad, y llevar los registros correspondientes a la operación. Según sea su grado de conocimiento y experiencia, pueden variar desde personal en entrenamiento con fuerte supervisión, a personal con vasta experiencia y suficiente conocimiento como para entrenar a otro operario nuevo.

MÁQUINAS: Se deben usar las máquinas y las herramientas especificadas en la hoja de procesos. Inicialmente al arrancar el proceso, se debe hacer un chequeo rápido por parte del operario, donde se verifica que el equipo esté operable, que no haya ruidos ó golpeteos extraños, que no se verifiquen recalentamientos ó fugas de fluidos líquidos ó gaseosos, y la limpieza del mismo. En el caso de problemas, será el encargado del sector quien en definitiva decide si se puede seguir con la operación, ó si se debe suspender la misma. En ambos casos deberá elaborar una orden de mantenimiento, para la solución inmediata ó mediata del problema.

MATERIA PRIMA: Las materias primas necesarias para el proceso, deben ser las especificadas por las hojas de operaciones correspondientes, chequeando la procedencia, el estado, la cantidad y la fecha de fabricación/ingreso.

MEDICIÓN: Se refiere a todo tipo de medición que se hace en el sector. Por ejemplo: cantidad de piezas fabricadas, tiempos Standard de operación, cantidad de piezas conformes y no conformes, mediciones hechas sobre piezas, productividad, etc. Pensemos que una gestión ágil y moderna de un proceso, se

hace cuando se conocen sus índices ó mediciones. Esto permite hacer correcciones de mejoras, es decir tomar decisiones. Eso sólo se puede hacer, cuando se conocen valores del proceso.

MEDIO AMBIENTE: Muchas veces descuidado, el medio ambiente se refiere al orden y a la limpieza del sector productivo, y por que no a la seguridad de los operarios, y al trabajo sostenido en un clima agradable de colaboración y respeto mutuo. La falta de orden y limpieza atenta contra la obtención de buenos productos, favoreciendo la mezcla y la confusión, dificultando los desplazamientos libres, y aumentando los chances de accidentes de trabajo. En realidad todo sector productivo debiera asegurarse de este punto, antes de seguir con los demás.

MÉTODO DE TRABAJO: Las operaciones no deben hacerse de cualquier manera, sino que debe haber una forma pautada e indicada en las hojas de operaciones, que lleve a la repetibilidad de acciones, de manera de asegurar la uniformidad en el resultado. El método indica la secuencia de acciones dentro de la operación, y el número de operarios involucrados.

PROCESOS: Conjunto de operaciones a través de las cuales los factores se transforman en productos. Incluye planta, maquinaria y trabajo. Es decir, la tecnología de los activos productivos de materiales indirectos y el conocimiento.

PROCESO PRODUCTIVO: El proceso productivo es aquel conjunto de elementos, personas, y acciones, que transforman materiales y/o brindan servicios de cualquier índole. Es decir, que se agrega algún tipo de valor.

PRODUCCIÓN: Comprende todos los procesos que mejoran e incrementan la adecuación de los bienes para satisfacer las necesidades humanas. Por consiguiente no solo abarca el criterio técnico de transformación de los bienes, si

no también todo lo que facilita su utilización, en cuanto al tiempo y al espacio y, por ello, incluye también el almacenamiento, la distribución en cantidades deseadas y el transporte que las aproxima al consumidor.

PRODUCTOS: Bienes físicos y/o servicios entregados del productor al consumidor.

PRODUCTIVIDAD: Puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

PRONÓSTICO DE LA DEMANDA: El sistema de pronósticos de la demanda es fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la organización y del comportamiento de su competitividad pues de esto dependen muchas de las dediciones correctas a tomar y que en caso contrario pueden incurrir en un deficiente servicio al cliente, siendo este uno de los problemas que la organización quiere corregir.

PROVEEDORES: Son aquellas personas físicas o jurídicas que surten a las empresas de existencias (mercaderías, materias primas, envases, empaques, etc.), que posteriormente este venderá, transformara o elaborara.

PULL. Es un enfoque de planeación de la producción por órdenes, en donde nada se realiza hasta que sea requerido, lo que conlleva a mantener inventarios solo cuando se necesiten además un análisis cuidadoso de compras producción y ventas.

PUSH. Es un enfoque de planeación de la producción conformando Inventarios, se empuja el sistema a la producción de grandes lotes, en donde la producción es

programada con el fin de aprovechar la capacidad y las economías de escala, lo que conduce a largas jornadas de producción e inventarios de productos terminados. Esta manera de trabajar genera cuellos de botella, cuando se quieren elaborar varios productos y se deben enfrentar diferentes restricciones.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN: Un sistema de producción es un conjunto de actividades que un grupo humano organiza, dirige y realiza, de acuerdo a sus objetivos, cultura y recursos, utilizando prácticas en respuesta al medio ambiente físico.

SOFTWARE PROMODEL: La simulación es una herramienta de análisis de sistemas complejos, que permite generara desde ahorros considerables de dinero hasta el mejoramiento de la planeación y control de los sistemas productivos, pasando por muchas restricciones reales del sistema.

Es una técnica de modelaje matemático, mediante la cual se construye un modelo del proceso de estudio, con el fin de entender la interacción de los componentes del sistema y evaluar deferentes alternativas de configuración para el mejoramiento de su desempeño.

Es una representación ficticia de la situación real de una empresa, que se experimenta mediante modelos que son abstracciones de la realidad; Cuanto mayor se el grado de aproximación de la simulación de la realidad, mayor será su utilidad.

La simulación se utiliza para:

Obtener un conocimiento más claro y detallado del sistema.

Para poder identificar problemas específicos y parámetros sensibles del sistema.
Para diseñar nuevos sistemas sin tener que hacer una inversión muy alta, y no correr el riesgo de perderla en el intento.

Para poder experimentar con nuevas configuraciones antes de implementarlas.

Para poder evaluar rápidamente las alternativas sin interrumpir los sistemas operacionales.

Mostrar los cambios del desempeño del sistema con el tiempo.

Apoyar la toma de decisiones.

Beneficios: Los beneficios más importantes son:

Permitir obtener una visión general de la operación del sistema y verificar el impacto de posibles cambios en el desempeño del mismo.

Mejorar y facilitar la comprensión del sistema y sus elementos.

Facilitar la experimentación de políticas y nuevas configuraciones, en la búsqueda del mejoramiento del sistema.

Ahorros potenciales al reducir los costos de implementaciones erróneas.

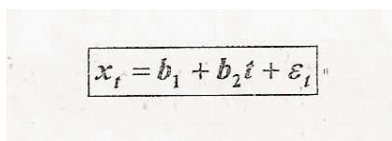
Todo esto apoya el proceso de toma de decisiones, sin incurrir en los costos de implementaciones equivocadas.

STAT FIT : Estado: El ajuste es uno de los software más amigables y comprensibles para ajustar datos a distribuciones de probabilidad, que existe en el mercado. Este software toma sus datos de eventos que ocurren en forma aleatoria, desde una planilla electrónica, archivo de texto o por ingreso en forma manual, convirtiéndolos a la mejor distribución de probabilidad e ingresados automáticamente al software de simulación ProModel.

Con Stat:Fit no se requiere de conocimientos previos en estadística para ajustar los datos a distribuciones de probabilidad, también se puede representar la aleatoriedad dentro de sus modelos de simulación.

Exportación. Estado:: Tiene la capacidad apta de exportar distribuciones a los varios paquetes de la simulación siendo este un factor importante de la conveniencia para los usos de la simulación del discreto-acontecimiento, reconociendo la distribución mas apta para el modelo.

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE: La suavización exponencial doble tiene en cuenta la posible tendencia (creciente o decreciente) de la demanda, ya que el modelo subyacente es el siguiente:


$$x_t = b_1 + b_2 t + \epsilon_t$$

Donde:

x_t = Valor real u observación de la demanda en el periodo t (tal como se definió anteriormente).

= Una constante que representa la componente constante de la demanda.

b_1

b_2 = Una constante que representa la componente de tendencia de la demanda (creciente o decreciente, depende de su signo).

ε_t = Una variable aleatoria con media cero y varianza > 0 desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

Ahora se trata de nuevo de estimar los dos parámetros b_1 y b_2 para así poder pronosticar demandas futuras, ya que estas presentan la componente constante, determinada por b_1 y el componente de tendencia, determinado por b_2

La primera ecuación que rige la suavización exponencial doble es:

$$S_T = \alpha x_T + (1 - \alpha) S_{T-1}$$

Y la segunda es:

$$\hat{x}_{T+\tau}(T) = \left(2 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right) S_T - \left(1 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right) S_T^{[2]}$$

Esta es la ecuación que se utiliza en la suavización exponencial doble para calcular el pronóstico de la demanda por t periodos, basado en los valores para el actual periodo T .

TIEMPO DE REPOSICIÓN O LEAD TIME, L : Es el tiempo que transcurre entre el momento de expedir una orden de compra o de producción y el instante en que los ítems están listos para ser retirados por el consumidor.

RESUMEN

Las organizaciones procesadoras de bentonita son relativamente nuevas en el mercado industrial de nuestro país. Sin embargo vemos por medio del recorrido de Bentonitas colombianas LTDA, que con el pasar del tiempo se han ido adquiriendo nuevos mercados que han contribuido al crecimiento de esta industria y que por ende se han visto a la tarea de crear nuevos productos para satisfacer las necesidades que van desarrollando los clientes.

Este efecto ha creado en la organización la necesidad de incluir mejoras al proceso de producción optimizando los recursos, para crear una respuesta mas eficiente a la hora de entregarle el pedido al cliente.

Por eso el propósito de este proyecto es proveer una buena caracterización de su proceso productivo y una herramienta útil como lo es la simulación, donde encontraremos posibles cuellos de botella y aquellos inconvenientes que hacen que el servicio al cliente se vea afectado, pues la entrega del producto no se realiza cuando el cliente lo necesita si no cuando la organización puede.

Vale la pena recalcar que se tendrán en cuenta las capacidades tanto económicas como físicas con que la organización cuenta y además las sugerencias que el gerente nos ha transmitido con la información en general.

Para este fin utilizaremos un modelo de simulación con el software PROMODEL, analizando el comportamiento del proceso productivo del Arcicol, obteniendo datos que nos darán la facilidad de analizar todos los puntos claves para crear conceptos de mejora que se puedan aplicar ya sea de inmediato o a futuro.

INTRODUCCION

La producción, es un factor importante en el destino de las organizaciones, se define como el proceso de transformación de los factores que ella toma de su entorno, en productos que generan valor agregado. La producción integra todos los procesos que se realizan para obtener un producto, el suministro de materias primas y los intercambios de información entre los diferentes entes de la organización.

Es por ello, que resulta muy importante dominar el proceso productivo a partir de sus componentes. El no hacerlo, puede significar que el resultado final no es el deseado, con el consiguiente derroche de materiales, energía, tiempo, y por sobre todo con la insatisfacción del cliente de dicho proceso.

Cada vez más resulta imposible pensar en un arranque de proceso sin la previa validación del mismo, con la consiguiente comprobación del estado de las cosas, de manera de asegurar que el producto final sea el que se busca, optimizando recursos, disminuyendo costos innecesarios, pero sobretodo poder brindar la satisfacción que el cliente busca.

BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA es una organización que diseña, desarrolla y procesa productos derivados de la bentonita. Maneja tres tipos de productos Como son el Arcicol, el Bentogel y la Sonoita, que se utilizan en industrias de alimentos concentrados para animales, industrias de jabones detergentes, fundiciones, lodos de perforaciones, entre otras.

Sin embargo la canalización de nuevos mercados los ha llevado a reevaluar las falencias que tienen respecto al proceso productivo, buscando mejorar la calidad del servicio al cliente y el aprovechamiento de los recursos con que dispone.

Por esto el departamento de producción y la gerencia decidió buscar herramientas que contribuyeran a buscar mejoras para el proceso, empezando desde la documentación (caracterización), hasta crear una estrategia que pudiera disminuir el tiempo de entrega (Lead time) de los pedidos de los clientes, pieza importante donde la organización quiere poner todo su atención.

Para poder llevar a cabo este proyecto nos apoyaremos en la información que el gerente de la organización muy gentilmente nos ha proporcionado. También utilizaremos herramientas de software como el PROMODEL que sirve para simular el proceso real y poder analizar las fallas o cuellos de botella, dándonos una idea clara para poder crear otro modelo simulado donde exponamos las mejoras a las que deseamos llegar.

De esta forma se podrán aplicara mejoras al modelo original sin realizar ninguna inversión económica y en base a las condiciones actuales de la planta, sin tener que afectarla.

1. INFORMACION DE LA EMPRESA

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Hace 30 años en el Valle del Cauca, fueron fundadas las empresas ARCILLAS DE COLOMBIA LTDA y SONOITA LTDA, por el Dr. Roberto Paeres Rubio. Desde entonces ha ofrecido a la industria colombiana y en forma indirecta a la industria venezolana y ecuatoriana una línea de producción que abarca Bentonitas sodicas, calcicas naturales y arcillas coloidales gelificantes, bajo las marcas de Arcicol ®, Bentogel ®, y Sonoita ®.

A raíz de la muerte del fundador y al cambiar la composición accionaria de la organización, se hizo necesario crear otra persona jurídica que reemplazo a estas dos empresas, surgiendo así a partir de noviembre 5 de 1,998 la sociedad “BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA, depositaria directa de la tradición y experiencia de sus antecesores.

Hoy por hoy los herederos de esta tradición, estamos proyectando la organización hacia un liderazgo nacional e internacional basado en la fabricación de productos de excelente calidad, pero sobre todo en un impecable servicio al cliente.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA, desarrolla sus actividades en el departamento del Valle del Cauca, con su sede administrativa en la carrera 32A N° 24-72 de la ciudad de Tulúa, teléfonos 572 2243580, 572 2242571 y su planta de producción en el municipio de Bugalagrande.

Su nivel de competitividad ha aumentado considerablemente, aportando tanto a los socios como a la economía colombiana grandes beneficios.

Cuenta con certificación de gestión de calidad y la certificación ISO 9001:2000.

Figura 1. Certificados de calidad de la organización



En la actualidad BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA, es una organización pequeña que cuenta con un total de 39 colaboradores distribuidos de la siguiente manera: En la planta de producción 26 personas, en el laboratorio 5 personas y en la sede administrativa 8 personas.

1.3 MISIÓN

Tenemos como misión mantenernos en el mercado de las arcillas bentoníticas en sus diferentes aplicaciones, buscando obtener rentabilidad para los socios y bienestar para nuestros colaboradores, desempeñándonos con calidad, valores éticos y responsabilidad social.

Para conseguir nuestros objetivos, trabajamos cada día por ampliar el conocimiento de nuestros clientes sobre los productos que usan, sus aplicaciones, las posibilidades de desarrollo de nuevos mercados, brindándoles una excelente asesoría técnica.

Nuestro mercado objetivo se ubica en el sector industrial de la economía, específicamente en las áreas de la fundición, fabricación de jabones detergentes, la ingeniería civil y la elaboración de alimentos concentrados para animales.

Treinta años de experiencia son la base de la confianza que el mercado tiene en el cumplimiento de los requisitos de nuestros productos.

Creemos en la apertura al cambio y en la adopción de nuevas estrategias como resultado de las evaluaciones constantes a nuestra gestión, para asegurar de esta forma la calidad de nuestros productos y la excelencia en el servicio.

1.4 VISIÓN

Nos vemos como una empresa líder en el mercado de procesamiento y comercialización de productos derivados de la bentonita, que protege y respeta el ambiente a través del cumplimiento de los estándares de conservación del mismo.

Tenemos como objetivo a corto plazo, con conocimiento de la competencia, recuperar y ampliar el mercado para contar con un grupo de clientes satisfechos con los productos y servicios.

Nos vemos como una organización que cuenta con la infraestructura adecuada para dar una respuesta eficaz a las necesidades del mercado objetivo respaldada con la eficacia de nuestros proveedores, que invierte constantemente en nuevas tecnologías, en personal competente y en estrategias eficaces de servicio.

Nos vemos como una organización orientada a satisfacer las necesidades de los clientes ofreciendo excelente calidad y servicio.

1.5 POLÍTICA DE CALIDAD

BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA. Se compromete a satisfacer a sus clientes con el diseño, el cumplimiento de los requisitos y la disponibilidad de sus productos, propiciando un ambiente laboral adecuado para el desarrollo de un talento humano competente, comprometido y motivado que trabaja por un sistema de gestión de calidad eficaz. El mejoramiento es un proceso planificado, sistematizado y continuo respaldado en el conocimiento del mercado, la investigación y el desarrollo.

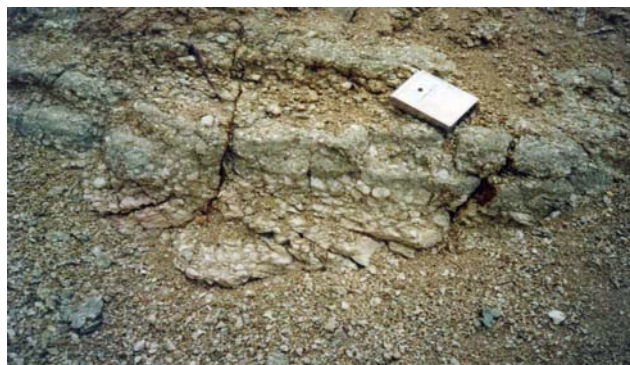
1.6 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

Como parte del direccionamiento estratégico en la organización hemos definido la Misión que nos define el propósito y la Visión que nos determina las metas o propósitos a largo plazo respecto a los productos, satisfacción de los clientes y de los empleados. Teniendo en cuenta la misión y visión, se formulan los objetivos estratégicos bajo la metodología del Cuadro de Mando Balanceado, el cual

permite realizar el despliegue alineado con los objetivos de calidad y las estrategias para lograr su cumplimiento. De igual forma teniendo en cuenta este direccionamiento las quejas, reclamos, sugerencias, necesidades y expectativas de los clientes, hemos definido y validado la Política de Calidad, esta nos marca las directrices básicas de la organización y con base en ellas establecemos los Objetivos de Calidad con metas específicas y con las estrategias que nos permiten cumplirlos.

1.7 BENTONITA

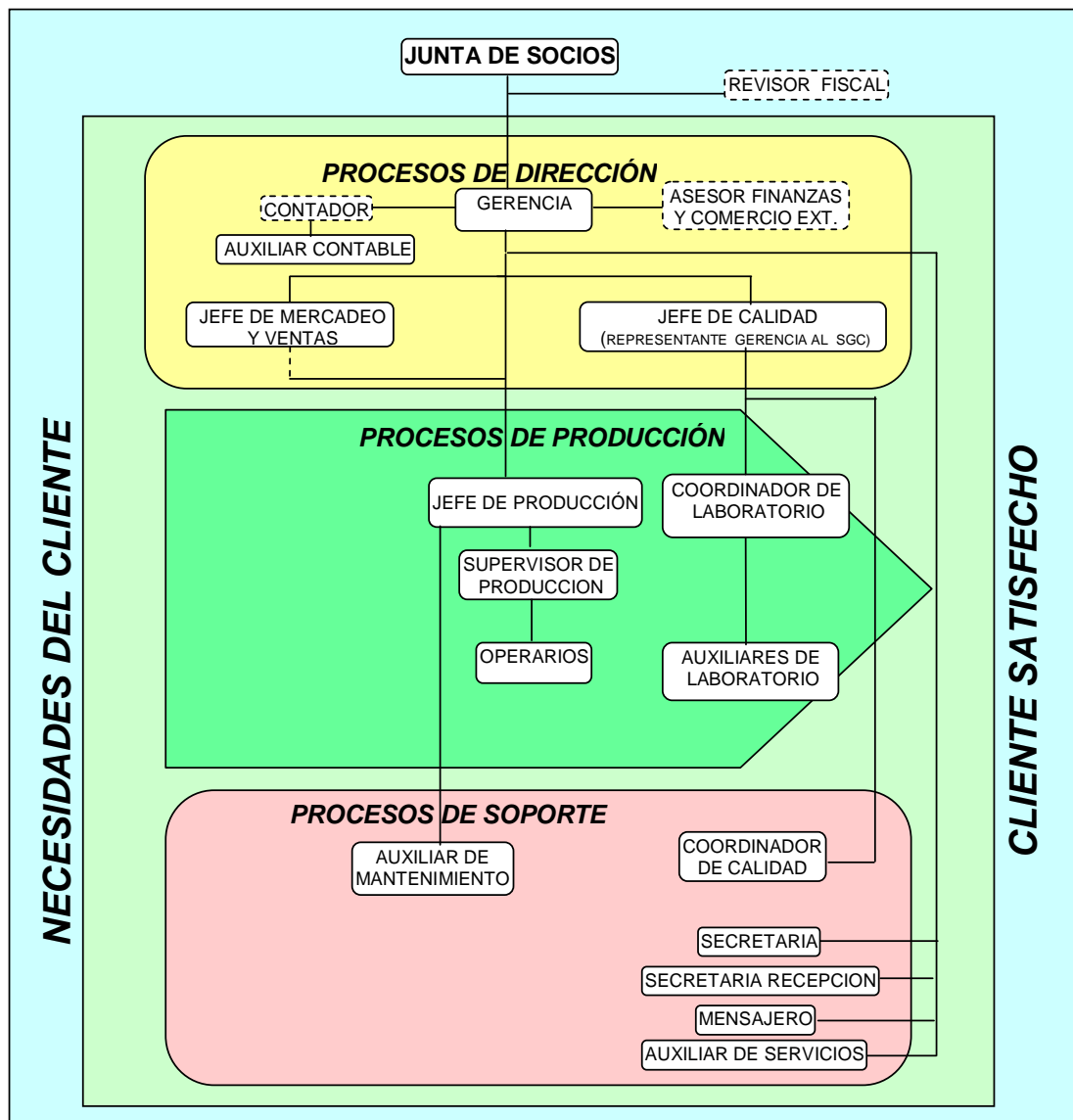
Figura 2. Beta de bentonita. Foto tomada por Ángela Paeres



Describe generalmente una arcilla compuesta esencialmente de Montmorillonita. La bentonita es el resultado de la desvitrificación y descomposición de cenizas cristalinas y vítreas de origen volcánico. El resultado de esta evolución es un polvo fino, aglomerado por acciones tectónicas ligeras, de un color que varía desde el blanco grisáceo o ligeramente teñido de verde hasta el crema verdoso.

1.8 ORGANIGRAMA

Figura 3. Organigrama de la Organización.



2. TITULO DEL PROYECTO

CARACTERIZACION DEL PROCESO PRODUCTIVO Y PROPUESTA DE UN MODELO DE MEJORA EN “BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA”.

2.1 AREA DONDE SE UBICA EL PROYECTO

Procesamiento y comercialización de productos derivados de la bentonita.

2.2 PROBLEMA DE INVESTIGACION

2.2.1 Planteamiento del problema. La problemática que se evidencia en la empresa BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA, esta enfocada en la carencia de documentación con respecto al proceso de producción y algunos cuellos de botella que no han sido identificados dentro del mismo, haciendo que la respuesta al cliente no sea rápida y flexible a los requerimientos de los clientes, en especial con el producto estrella que es el ARCICOL.

Este factor afecta directamente la eficiencia en sus procesos internos, involucrando la eficacia a la hora de cumplir los requerimientos de los clientes, fundamentados en los tiempos de entrega.

Por ende surge la importancia de mantener una buena planeación del proceso productivo, con una buena relación de comunicación confiable entre el cliente y la organización para que la producción sea acorde con los requerimientos de los clientes y así poder brindar un tiempo de entrega corto, que llene de satisfacción al cliente.

2.3 FUENTES Y TECNICAS PARA LA RECOLECCION DE LA INFORMACION

2.3.1 Fuentes primarias.

Observación. De los distintos procesos que conforman la cadena de suministros, para la recolección de información vital para llevar a cabo la investigación.

Entrevistas. Con las distintas personas encargadas de las áreas de la empresa, con el fin de recolectar más información y conocer a fondo los departamentos involucrados.

Cuestionarios. Para obtener datos históricos de la empresa.

2.3.2 Fuentes secundarias.

Textos. Existentes sobre logística, producción y simulación en PROMODEL.

Revistas. Especializadas en el tema, pues nos muestra información detallada y actualizada sobre el tema de investigación.

Documentos. Existentes sobre el tema de investigación publicados por conocedores del tema, instituciones, universidades, etc.

Recursos informáticos y bases de datos. El Internet como herramienta de investigación y el PROMODEL como herramienta de simulación.

Capacitaciones. Sobre el software utilizado.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar y analizar el proceso productivo de la elaboración de productos derivados de la bentonita y proponer cambios que permitan mejorar el desempeño del proceso productivo.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar las variables y parámetros de los sistemas de Producción y Logística de la empresa.

Pronosticar y realizar la demanda para el próximo año (2007).

Identificar las problemáticas que hay con el producto ARCICOL.

Definir el modelo, simularlo y validarlo.

Plantear propuestas de mejora que permita alcanzar un mejor desempeño en el sistema de producción.

Medir los resultados y documentarlos

4. CARACTERIZACION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA

4.1 PROVEEDORES

4.1.1 Materia prima. (Bentonita Virgen), la materia prima que se utiliza en el procesamiento e interviene directamente con el producto se obtiene de las minas o yacimientos de bentonita, las cuales están ubicadas en el corregimiento de la Uribe (Valle del Cauca).

4.1.2 Insumos. Los proveedores de insumos se relacionan así:

Sacos de Polipropileno y bolsas Plásticas: Su proveedor es “Sadecol S.A.”, se compra en promedio mensualmente 70.000 que en promedio se reparten entre los tres productos según los requerimientos presupuestados.

Hilo: Su proveedor es “Maquinas y Cerradoras Limitada de Bogotá”, se compra aproximadamente 200 Kg. de hilo por mes.

Químico A1: Su proveedor es “Foctan Colombia S.A.”, se compra mensualmente la cantidad de 2000 Ton.

Químico A2: Su proveedor es “Quimican antes S.A.”, se compra mensualmente la cantidad de 1000 Ton.

4.2 APROVISIONAMIENTO

La bentonita es recogida por retroexcavadoras y empacada en volquetas cubicadas que la transportan hasta la planta de producción que esta ubicada a tan solo 15 minutos de la mina.

Se tiene un sitio llamado los patios para almacenar la materia prima y tiene una capacidad de 10. 000 Ton, esta ubicado en la parte superior de la planta, exactamente al frente del primer paso donde se inicia el proceso productivo.

4.3 PROCESO PRODUCTIVO

4.3.1 Planta. Es donde se desarrolla el proceso desde que ingresa la Bentonita virgen hasta que finalmente se obtiene el producto terminado.

Figura 4. Foto tomada por la organización a la planta de producción desde afuera



La planta de producción de la organización Bentonitas Colombianas LTDA, desarrolla sus actividades en el departamento del Valle del Cauca, en el municipio de Bugalagrande, con su sede administrativa en la carrera 32A N° 24-72 de la ciudad de Tulúa, teléfonos (572) 2243580, (572) 2242571.

Cuenta con un área total de 26.888 m^2 de terreno, de los cuales 2.202 m^2 corresponden a instalaciones industriales incluyendo bodegas de añejamiento y almacenamiento de producto terminado, 135.20 m^2 al área construida de oficinas y edificios de servicios generales, 6.283 m^2 que corresponden al área de los patios donde se almacena la materia prima (bentonita), 1.000 m^2 donde están ubicados los parqueaderos para cargar, 180 m^2 donde se ubica el almacén de repuestos y taller de mantenimiento los 17.268 m^2 están divididos entre zonas verdes, kioscos de descanso y baños de los operarios, sembrado de árboles frutales y parqueaderos para visitantes.

La planta de producción tiene una capacidad máxima de 4000 ton. Por mes, esta dotada con equipos automatizados y computarizados que garantizan un alto grado de repetitividad, calidad y eficiencia.

El procesamiento se realiza a través de una planta que consta de:

Quebrantadora
Dosificación I
Trituradora
Secador
Dosificación II
Molienda

El proceso productivo de la bentonita tiene los siguientes pasos:

Extracción de la mina (betas de bentonita).

Transporte desde la bodega de almacenamiento hasta la tolva de alimentación de la quebrantadora (Retroexcavadora).

Proceso de quebrantación.

Proceso de dosificación.

Proceso de trituración.

Proceso de añejamiento.

Proceso de secado.

Proceso de dosificación II.

Proceso de secado final y molienda.

Proceso de empaque.

Transporte desde la zona de empaque hasta la bodega de almacenamiento (Montacargas).

Almacenamiento.

4.3.2 Descripción del proceso productivo.

Extracción: La bentonita es extraída de las minas y llevada a la planta, este proceso lo realizan obreros temporales. El transporte desde la mina a la bodega de almacenamiento lo realizan volquetas de la organización.

Figura 5. Mina de bentonita en el proceso de extracción. Foto tomada por Ángela Paeres.



Transporte desde los patios (bodega de almacenamiento), hasta la tolva de alimentación de la quebrantadora. Este proceso lo realiza la retroexcavadora mano de mica CATERPILAR modelo 25, que es manejada por un operario y tiene una velocidad de 11 K/h, la maquina tiene una capacidad de 500 Kg. en cada recogida de material.

Figura 6. Retroexcavadora alimentando tolva de quebrantaciòn.



Proceso de quebrantaciòn: El primer proceso al que es sometida la bentonita es la Quebrantaciòn, que consiste en disminuir el tamaño de los terrones de bentonita a menos de tres pulgadas en promedio. Dicho equipo tiene una capacidad máxima de 24 toneladas por hora. Este proceso es supervisado por el operario encargado del área de trituraciòn.

Figura 7. Quebrantadora. Foto tomada por Angela Paeres



Proceso de dosificación I: El segundo paso es la Dosificación I: Este equipo consta de una tolva de alimentación que se llena constantemente dentro del proceso a cada kilogramo de Bentonita se le adiciona 50g del químico A1, el cual define la pureza, humedad y granulometría requeridas por el cliente. Este proceso es regulado electrónicamente, esta sincronizado con la capacidad de la quebrantadora. La supervisión la realiza el operario encargado del área de trituración.

Figura 8. Dosificador de A1. Foto tomada por Angela Paeres.



Proceso de trituración: El proceso continúa con la trituración, aquí el producto es sometido a una maquina que hace que el material gire por medio de unos rodillos produciéndose la disminución del tamaño de partícula. La capacidad máxima es de 24 toneladas por hora. Para evitar el paso de partículas muy grandes se hace un control visual, ésta operación es dirigida por el Jefe de Producción y el Auxiliar de Mantenimiento.

Proceso de añejamiento para (Bodega): A continuación viene el añejamiento, que consiste en dejar el producto un tiempo (5 días), en un proceso de reposo para que absorba los componentes necesarios para el producto especificado, esta bodega tiene una capacidad de 5.000 ton. Este proceso es supervisado por el operario de trituración.

Figura 9. Montones almacenados en bodega de añejamiento. Foto tomada por la organización.



Proceso de secado: El producto es llevado al proceso de secado que consta de un tambor rotatorio que contiene aire caliente y viaja en la misma dirección de la bentonita. El secador tiene una capacidad máxima de 22 toneladas por hora. Cuando se detecte presencia de humedad en el material se aumenta la temperatura de salida del aire, teniendo en cuenta los máximos y mínimos permisibles de temperatura del proceso. Este proceso cuenta con un operario designado (operario de secador).

Figura 10. Secador. Foto tomada por Angela Paeres.



Proceso de dosificación II: Para continuar con el proceso, el producto va a al área de dosificación II, donde Los materiales se adicionan a una tolva donde se mezcla por cada kilogramo de producto 25g de químico A2. Ya mezclado el material cae a la tolva de los molinos. Este proceso esta sincronizado con la capacidad máxima del secador que es de 22 Ton/h y tiene un operario designado (operario de dosificación).

Figura 11. Proceso de dosificación A2. Foto tomada por Angela Paeres.



Proceso de secado final y molienda: El producto continúa hasta el tramo donde ocurre el secado final y la molienda, que consiste en la disminución de tamaño por efecto de la presión. El aire con bentonita entra a un ciclón donde se separa el sólido del aire, la bentonita cae al fondo del ciclón y de allí por medio de una esclusa va descargando a través de un tubo al proceso de secado final se hace con aire caliente. De inmediato la bentonita va a la molienda, donde el material queda totalmente pulverizado (talco de bentonita) y por ultimo va a la tolva de empaque. La capacidad máxima de producción total del molino es de 20 toneladas / hora. Este proceso es supervisado por 2 operarios (operarios de molinos).

Figura 12. Secador y molino. Foto tomada por Angela Paeres.



Proceso de empaque: Para iniciar el proceso de empaque se verifican con la calibración del equipo dosificador. El saco que contiene el producto se coloca sobre la plataforma de cocido, se ajusta junto con la bolsa de protección y se cose 1 saco cada 6 u 8 sg, conteniendo cada saco (bulto) 50 Kg. de producto. Este proceso esta equilibrado con la capacidad de la molienda y el secado. Esta labor la realizan los tres operarios del proceso de empaque. Finalizando este proceso se

realiza una medición de las características del producto para verificación correspondiente.

Figura 13. Proceso de empaque. Foto tomada por la organización.



El transporte desde la zona de empaque hasta la bodega de almacenamiento se hace en carretas manejadas manualmente por tres operarios.

Figura 14. Zona de empaque. Foto tomada por la organización.



Almacenamiento: Por ultimo tenemos el almacenamiento en la bodega de producto terminado, este se realiza en planchas trenzadas de 10 sacos sobre estibas de madera. Los arrumes se hacen hasta 120 sacos y en casos especiales por disposición de espacio hasta 300 sacos. Esta área esta supervisada por un

operario quien delimita como se debe almacenar adecuadamente y otros tres operarios quienes se encargan de apilar manualmente.

Figura 15. Bodega producto terminado. Foto tomada por Ángela Paeres.



NOTA:

La organización actualmente tiene una producción máxima de producto terminado de 870 toneladas. Igualmente se maneja un total de 20 órdenes de producción semanales para el Arcicol.

La organización dispone de un tiempo mensual para la elaboración de cada uno de los productos repartido así:

La primera y segunda semana se debe de producir el producto ARCICOL.

En la tercera y cuarta semana se produce BENTOGEL y SONOITA respectivamente.

Los tiempos determinados para la producción no se pueden modificar de ninguna forma por petición del gerente general de la empresa. Solo la jornada laboral que actualmente es de 10 horas se puede manejar si se desea.

4.3.3 Productos:

ARCICOL®

Aplicaciones:

Puesta a tierra

Metalurgia

Lodos de perforación

Obtención de fugas

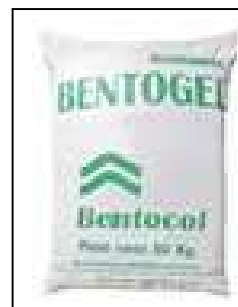
Jabones detergentes

Figura 16. Saco de Arcicol



Presentación:
Sacos de 50 Kg.

Figura 17. Saco de Bentogel



Presentación:
Sacos de 50 Kg.

BENTOGEL®

Aplicaciones:

Lodos de perforación

Barreras de suelo de bentonita

SONOITA®

Aplicaciones:

Alimentos concentrados.

Figura 18. Saco de Sonoita



Presentación:
Sacos de 50 Kg.

4.4 DISTRIBUCIÓN

La distribución es responsabilidad directamente de la empresa que realiza el pedido, pues no se dispone de transporte propio. Sin embargo si el cliente lo desea, se tienen convenios establecidos con Transportes de carga pesada S.A. y con Servirrapido, que son dos empresas que poseen vehículos cubiertos de carga pesada especiales para este tipo de producto. El despacho se realiza desde la planta de producción, por consiguiente no se manejan intermediarios ni distribuidores.

Para el transporte del producto se realiza la inspección del vehículo que va a transportar el producto en el cual se tiene en cuenta el estado de las carpas el piso y la carrocería general.

El despacho se registra en un formato electrónico con el fin de descargar los inventarios.

4.5 CLIENTES

La organización documenta los procesos relacionados con los clientes para establecer los requisitos especificados y no especificados, así como la metodología para evaluar la capacidad de cumplimiento antes de comprometernos con ellos.

Tenemos medios de comunicación definidos para nuestros clientes, tales como la página de Internet, las visitas que realiza la asesora comercial, las fichas técnicas y las fichas de seguridad, además cuando se presenta una queja o reclamo del cliente, se realiza de inmediato el trámite para gestionar y solucionar la inconformidad con el producto o el servicio. Ya que la bentonita es un producto selectivo, la mayoría de sus clientes son grandes industrias; sin embargo, también se manejan una minoría de clientes catalogados como pequeños clientes que son aquellos que tienen una demanda muy pequeña.

4.5.1 Clientes directos.

- **Metalurgia.** El proceso conocido como fundición es aquel en el que un metal fundido es vaciado en un molde que tiene la forma del artículo que se va a producir, el cual se obtiene una vez enfriado y solidificado el metal.

Figura 19. Canoa de fundición.



Uno de los tres métodos básicos en el moldeo para fundición es el "moldeo en arena", para el cual se utiliza una mezcla de arena, Bentonita como aglutinante y agua.

En la aplicación de la Bentonita a las arenas de fundición, la característica útil es el poder aglutinante de las arcillas coloidales, que es la capacidad de formar con diversas proporciones de sustancias no plásticas, pastas que presentan una cierta cohesión.

La regeneración de arenas de moldeo viejas ha encontrado en la Bentonita un auxiliar que hace esta operación realmente práctica y económica. Así mismo ha sido utilizada con éxito en revestimientos, tanto en el barnizado interior de los moldes, cuando se desea obtener piezas con superficies especialmente lisas, como cuando se desea proteger un bebedero o colada. Las especificaciones desarrolladas por las asociaciones de industrias de fundición para las Bentonitas, abarcan propiedades tales como contenido de humedad, índice de hinchamiento, valor de pH y límite líquido entre otras.

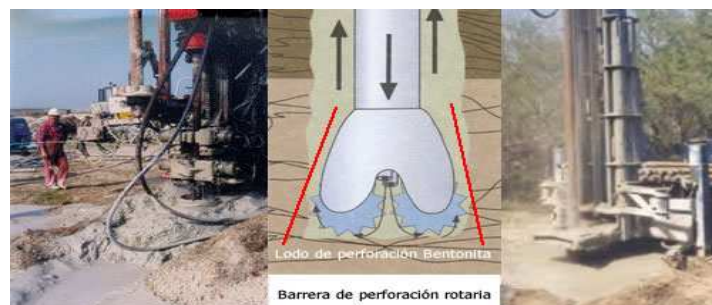
En cuanto a las mezclas para tierras de moldeo en verde, también llamadas arcillas sintéticas las propiedades más importantes incluyen compactabilidad, densidad, índice de finura, porcentaje de humedad, permeabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la cizalladura, plasticidad, y pérdidas por calcinación

entre otras. La Bentonita sódica presenta generalmente altas temperaturas de fusión y alta resistencia en seco y en verde, es más durable, reduce las formaciones de costras en el moldeo final, requiere más agua y es más difícil de mezclar.

La Bentonita cálcica es una arcilla fuertemente cohesionada, presenta alta resistencia en verde, mejor colapsabilidad, reduce el número de moldes cuarteados, es más quebradiza, tiene pobre resistencia a la tracción, es más sensible a la humedad y menos durable.

- **Lodos de perforación.** La formación de lodos de perforación ha sido históricamente, el uso final más difundido de la bentonita.

Figura 20. Lodo de perforación para pozo petrolero



Son fluidos bombeados que circulan a través del pozo mientras este es perforado. Su composición se ajusta a medida que cambian las exigencias, de acuerdo con la profundidad de la perforación y los otros materiales encontrados.

Una gran variedad de minerales industriales y productos químicos es utilizada en la formación de lodos de perforación, pero siempre, el ingrediente más importante

es la Bentonita y su utilización se basa en el incremento de la viscosidad del lodo, que garantiza una efectiva extracción a la superficie de los escombros.

Las siguientes son las funciones más importantes que cumplen los lodos de perforación:

Remoción de escombros del fondo del pozo y transporte de los mismos a la superficie.

Lubricación y enfriamiento del taladro y la broca.

Mantenimiento de los escombros en suspensión si la perforación es detenida.

Formación de un recubrimiento delgado e impermeable contra la pared del pozo que no deja filtrar agua en la formación geológica.

Sellamiento de la formación de filtraciones en la pared.

Producción de una presión hidrostática suficiente para estabilizar la pared y conservar en la formación geológica los fluidos de la misma (gas, petróleo, agua).

Soporte de parte del peso del taladro.

Transmisión de potencia hidráulica a la broca cuando ésta se acciona mediante turbinas.

- **Puestas a tierra.** Se presentan casos en los que la alta resistividad de suelo, tales como los de zonas rocosas, areniscosas o volcánicas, hacen difícil e incluso

imposible obtener valores satisfactorios de resistencia, por lo que es común utilizar Bentonita como agregado al terreno en el que se instalará la puesta a tierra, con el fin de mejorar descargas.

Figura 21. Esquema eléctrico del grafito Rígido.



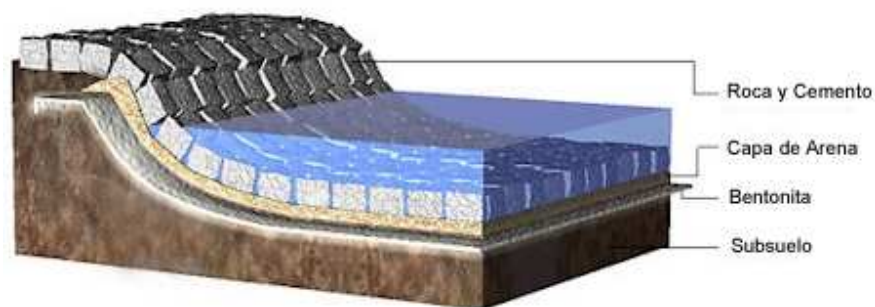
El empleo de Bentonita, agua y sal para el relleno de las puestas a tierra, permite obtener humedad casi constante a nivel molecular en el terreno y de esa manera aumentar la conductividad y eficacia de la instalación a un costo menor con respecto a los convencionales.

Las bentonitas empleadas para estos fines deben cumplir el requisito de ser sódicas y de presentar PH suficientemente elevado que favorezca un ambiente alcalino y que evite el riesgo de corrosión en el caso de usarse electrodos de hierro, especialmente en terrenos ácidos.

- Obturación de fugas. La utilidad de las bentonitas como material de sellado se basa en algunas de sus propiedades características, como son: elevada superficie específica, gran capacidad de hinchamiento, buena plasticidad y lubricidad, alta

impermeabilidad, baja compresibilidad. Las bentonitas más utilizadas para ese fin son las sódicas, por tener mayor capacidad de hinchamiento.

Figura 22. Ejemplo aplicación Bentogel para obturar fugas en suelos.



Existen tres métodos básicos de impermeabilización siendo internacionalmente aceptado que el más efectivo es el de cobertura o “blanket method”, que se aplica directamente sobre el suelo y las paredes que se van a tratar. Una segunda opción es el de cobertura mixta o “mixed blanket method”, y el tercero, que es muy difundido en nuestro medio, es el de aspersión, o “sprinkle method” pero este solo debe utilizarse para el mantenimiento y en los casos en los que el reservorio esté lleno y no pueda vaciarse.

La creciente importancia que está tomando la legislación, en los últimos años, en lo referente a medio ambiente, ha favorecido el uso de Bentonitas como material de sellado en depósitos de residuos tóxicos y radioactivos de baja media y alta actividad.

- Elaboración de jabones detergentes. La Bentonita constituye una carga muy interesante para los jabones, por su poder emulsionante o por su afinidad por las partículas carbonadas al efecto detergente.

Figura 23. Jabones detergentes comunes.



Es posible llegar a concentraciones de 40% en los jabones, lo que al mismo tiempo que proporciona un buen producto conduce a una sensible y evidente economía. Entre sus propiedades y ventajas tenemos:

Gran poder emulsionante y acción detergente debido a la suspensión viscosa del gel que contiene.

Facultad de dispersarse en el agua más rápidamente que los otros jabones por el hecho de contener arcilla en estado coloidal.

Formación de una espuma abundante y ligera.

Su capacidad tixotrópica le hace penetrar bien en las fibras y absorber las impurezas que contienen, principalmente, las de cargas electropositivas.

Propiedades emulsivas, saponificación más rápida e íntegra de materias grasas (jabones semicocidos, jabones blancos), puesta en suspensión estable de sustancias insaponificables.

Desecación o envejecimiento mucho menor que en los otros jabones y buena estabilidad después de la obtención rápida del equilibrio del agua.

Poco sensible a la deformación y reblandecimiento en el agua caliente.
Reducción muy significativa de las materias grasas utilizadas en la preparación.

Debe entenderse que estas propiedades se cumplen siempre y cuando se utilice un buen método de fabricación y se empleen verdaderas Bentonitas (Montmorillonitas).

- **Barreras suelo bentonita.** Con el fin de disminuir la permeabilidad de los suelos las bentonitas se han utilizado mezcladas con los mismos, formando barreras en torno a los vertederos, que impiden el escape de gases o lixiviados generados en ellos, o a lo largo de las corrientes de agua evitando su contaminación.

Figura 24. Impermeabilización en el área de un lago para pesca.



- **Alimento concentrado para animales.** La Bentonita tiene aplicaciones en la preparación de alimentos concentrados para animales, como adsorbente de toxinas, como aglutinante en los procesos de peletización o formación de gránulos y como aditivo nutricional.

Figura 25. Animal para el que se elabora alimento concentrado.



Es un agente natural adsorbente de toxinas especialmente de aflatoxina. Actúa por aspersión sobre los granos de cereales, oleaginosas y sus subproductos, impidiendo la proliferación de hongos causados por la humedad y la temperatura y, eliminando las toxinas, para lo cual utiliza su alto poder astringente, su gran capacidad de adherencia y su condición fungicida.

Al ponerse en contacto con el agua y los jugos digestivos, ejerce una acción detoxificadora en el tracto intestinal del animal, formando un complejo insoluble y estable entre las micotoxinas y la bentonita que al no ser asimilable se elimina con las heces.

Como aglutinante, no transmite sabor ni olor a los alimentos y ofrece un excelente comportamiento en la fabricación de peletas o gránulos actuando como lubricante y aumentando la dureza.

Como aditivo nutricional favorece la interacción con proteínas, péptidos y aminoácidos a través de enlaces débiles, mejorando los rendimientos zootécnicos.

Además se comporta como vehículo para el suministro de vitaminas, minerales, antibióticos y otros suplementos alimenticios.

- **Aditivos para morteros.** La adición de pequeñas cantidades de bentonita alcalina a los estucos o mortero de cemento Pórtland o cementos magnesianos aumenta la resistencia mecánica de estos, acelera su fraguado, contribuye a la impermeabilización, ejerce acción plastificante y se opone a los desagregados.

Figura 26. Demostración de mezcla para aditivo.



OTROS

- Acondicionamiento de suelos para construcción y agricultura (Impermeabilización de lagos de pesca).
- Aislantes y electrotecnia.
- Cerámica.
- Refractarios.
- Ingeniería civil y construcción.

4.6 MEDIO AMBIENTE

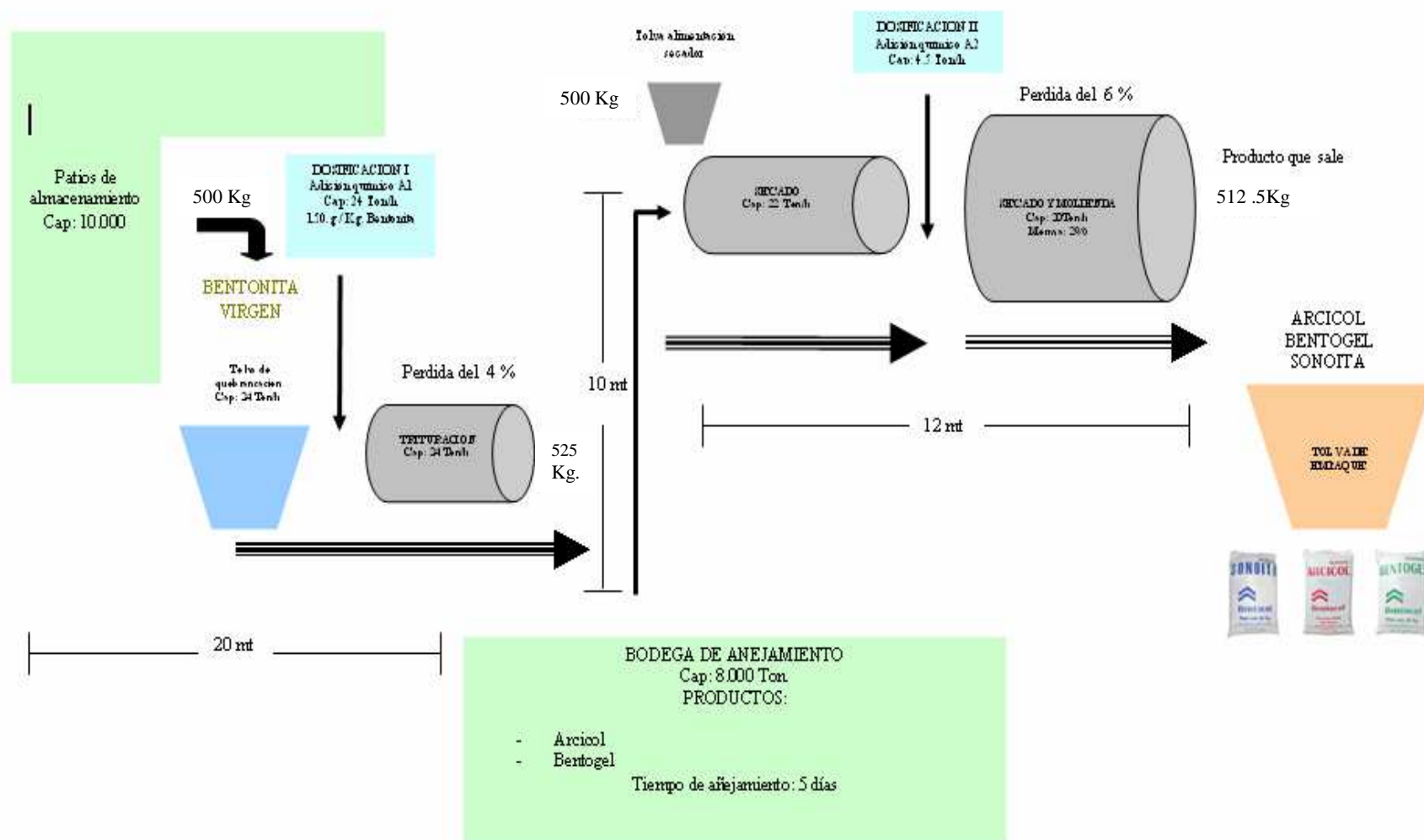
Para la organización el medio ambiente tanto laboral como natural son muy importantes. El sitio de trabajo debe permanecer en las mejores condiciones de limpieza posibles, pues cuando se termina la jornada laboral los operarios están en la obligación de realizar el aseo al área que le corresponda, así como de acomodar todo objeto que se utilice en el transcurso de trabajo normal y halla sido utilizado por cualquier motivo.

A la hora de realizar el mantenimiento preventivo cada 8 días dentro de la planta se tiene un pozo especial para almacenar las aguas contaminadas con lubricantes, desechos grasosos y líquidos combustibles que pueden dañar el medio ambiente.

Respecto al medio ambiente natural la organización tiene un control de casi el 70% de la polución implementando 2 silos de almacenamiento de desechos de partículas de bentonita que se desprenden en el proceso de producción. Así también se mantienen los químicos en un área restringida y muy bien protegida para que no se conviertan en contaminantes del aire por los gases que expelen.

Figura 27. Caracterización.

CARACTERIZACION SISTEMA DE PRODUCCION



4.7 TECNICAS UTILIZADAS PARA LLEGAR AL MODELO DE MEJORA PROPUESTO

La caracterización del proceso productivo para el producto Arcicol nos suministrara información sobre cada uno de los elementos claves que pueden estar causando cuellos de botella que afectan todas las áreas de la organización, especialmente la del servicio al cliente, así podemos llegar a analizar y proponer mejoras inmediatas que a su vez se convertirán en estrategias que le ayudaran tanto a la empresa como a los clientes.

Se tiene conocimiento de datos reales de la producción gracias a la colaboración de la empresa que se utilizara para armar el modelo de simulación y garantiza poder aportar unas mejoras tangibles que la organización pueda implementar.

También se observa que la empresa no cuenta con un pronóstico de demanda para el año 2007, por consiguiente se realizara el pronóstico correspondiente para analizarlo dentro del modelo a simular y también se destinara como un aporte para la organización.

Es necesario tener en cuenta que la empresa no dispone de transporte propio, además el transporte es contratado por el cliente o en casos especiales la organización lo ubica y los fletes se pagan divididos entre las dos partes.

Ninguno de los procesos puede ser movido de su lugar actual y las capacidades con que se trabaje son las capacidades máximas que fueron dadas por la organización. Sin embargo las instalaciones físicas pueden ser modificadas sin salirse de los estándares permitidos, y sin afectar ninguno de los procesos.

4.8 REALIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO PARA LA DEMANDA DEL AÑO 2007

Tabla 1. Pedidos que se presentaron mes a mes de arcicol en el año 2006.

Mes	PEDIDOS REGISTRADOS		Σ por semanas	Total en toneladas	Pedidos mes a mes
	Arcicol Nal.	Arcicol Ext.			
Enero	295550	138900	434450	434	
	369500	435000	804500	805	
	323300	515000	838300	838	
	322650	314600	637250	637	2715
Febrero	261750	16800	278550	279	
	257300	89000	346300	346	
	289205	40000	329205	329	
	216400	201000	417400	417	1371
Marzo	278950		278950	279	
	209600	175700	385300	385	
	286700	176000	462700	463	
	741950	238600	980550	981	2108
Abril	427800	19700	447500	448	
	256800	19000	275800	276	
	349400		349400	349	
	500150	269150	769300	769	1842
Mayo	386500		386500	387	
	223550	7000	230550	231	
	461500	174000	635500	636	
	402600	94500	497100	497	1750
Junio	255350	90500	345850	346	
	229700		229700	230	
	313400	78600	392000	392	
	627400	50000	677400	677	1645
Julio	181210	119200	300410	300	
	232700		232700	233	
	296750	18000	314750	315	
	608150	126000	734150	734	1582
Agosto	496350	221600	717950	718	
	294500	75000	369500	370	
	716800	39500	756300	756	
	914550	150500	1065050	1065	2909
Septiembre	135050		135050	135	
	117800		117800	118	
	485800	90000	575800	576	
	634150	189500	823650	824	1652
Octubre	324050	25000	349050	349	
	495600		495600	496	

	190900	65000	255900	256	
	377900	130000	507900	508	1608
Noviembre	267350	117800	385150	385	
	477000	108500	585500	586	
	527500	298250	825750	826	
	694000	224400	918400	918	2715
Diciembre	61300	350000	411300	411	
	365100	100000	465100	465	
	1233850		1233850	1234	2110

4.8.1 Suavización exponencial doble para el producto **ARCICOL**. Calculo del pronóstico

Tabla 2. Suavización Arcicol.

Demanda	S_T	S_T^2	Pronóstico	Error	Error Abs.	Error cuadr.
2715	Pend b2	79,655				
1371	Conta b1	1637,9				
2108	b1 proy.	1956,52				
1842	1637,9	1319,28				
1750	1660	1387	2036,175	-286	286	81896
1645	1657	1441	2001,36	-356	356	126992
1582	1642	1482	1927,024	-345	345	119042
2909	1896	1564	1842,968	1066	1066	1136424
1652	1847	1621	2309,53344	-658	658	432350
1608	1799	1657	2129,31398	-521	521	271768
2715	1982	1722	1977,28097	738	738	544229
2110	2008	1779	2308,00861	-198	198	39207
			2293,95395			
0,2			SUMAS	-560,66	4168	2751910
			MAD o ECM		521	343989
			Desv, std. $\sigma_1 =$		651,275947	586,505502

A partir de datos históricos de la demanda del Arcicol del año 2006, donde claramente se observa que se tiene unos meses con una demanda muy alta, podemos pronosticar como será el comportamiento para el año 2007.

Así se obtiene el comportamiento de dicha demanda (Tabla No 2.), notándose el crecimiento de la línea de tendencia y por consiguiente un crecimiento mes a mes muy constante y notorio.

Figura 28. Grafico de la demanda versus el pronóstico para el arcicol.

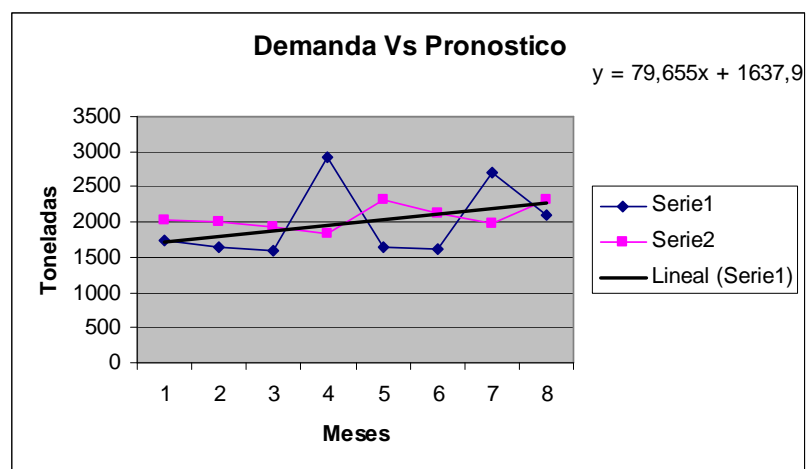


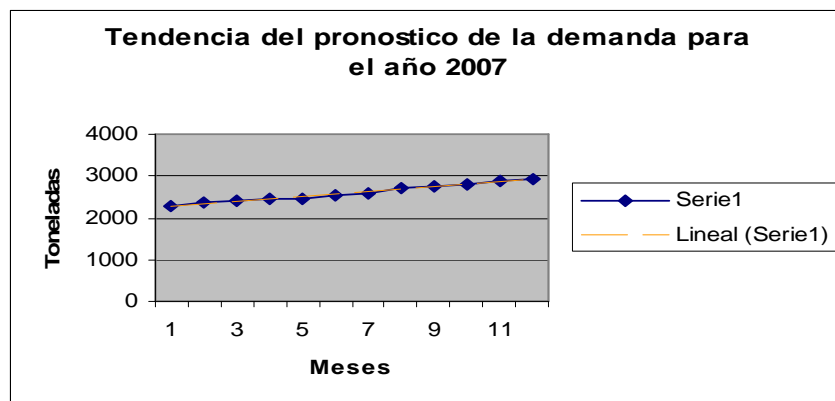
Tabla 3. Demanda pronosticada del Arcicol para el año 2007.

Enero	2294
Febrero	2351
Marzo	2408
Abril	2466
Mayo	2461
Junio	2523
Julio	2580
agosto	2695
Septiembre	2752
Octubre	2809
Noviembre	2866
diciembre	2923

En la tabla No. 3 muestra los datos obtenidos de la suavización exponencial doble, donde finalmente se muestra el pronóstico para la demanda del año 2007. Al

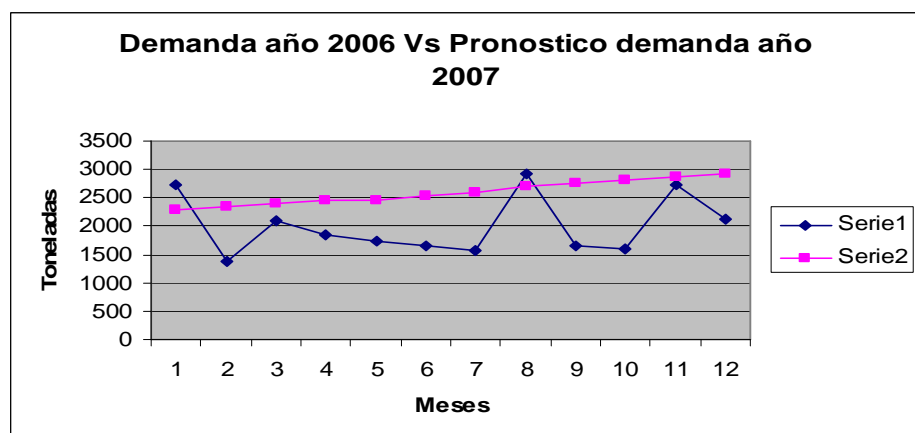
graficar notamos que la demanda en este año tendrá un crecimiento constante y muy alto con respecto al año anterior (figura 29).

Figura 29. Grafico de la tendencia del pronóstico de la demanda del arcicol para el año 2007.



La figura 30 muestra la demanda (Toneladas) contra el tiempo (meses) del arcicol para los 12 meses del año 2007. La tendencia creciente de la demanda de este producto es una clara conclusión de este grafico.

Figura 30. Grafico del análisis comparativo demanda del Arcicol vs. El pronostico.



- Inventario de seguridad de producto terminado para el Arcicol.

Modelo (s, Q).

$$SS = K \cdot \sigma L$$

El nivel de servicio $P1 = 98\%$

Probabilidad de no ocurrencia de faltante $= 1 - P1$

$$1 - P1 = 1 - 0.98 = 0.02$$

Teniendo el $Pu(k)$ hallamos K .

$$K = 2.05$$

$$\sigma L = \sigma \cdot \sqrt{L}$$

$$\sigma L = 586.50550 \sqrt{0.25 \text{ mes}} = 293.5 \approx 294 \text{ meses}$$

Entonces:

$$SS = K \cdot \sigma L$$

$$SS = 2.05 \cdot 294 = 603 \text{ Toneladas/mes.}$$

El inventario máximo a llevar por mes es de:

Inv.max = Pronostico año 2007 + inventario de seguridad.

Tabla 4. Tabla de inventario máximo a llevar por mes para el producto Arcicol, en el año 2007.

Mes	Inv.max
Enero	2897
Febrero	2954
Marzo	3011
Abril	3069
Mayo	3064
Junio	3126
Julio	3183
agosto	3298
Septiembre	3355
Octubre	3412
Noviembre	3469
diciembre	3526

4.8.2 Suavización exponencial doble para el producto BENTOGEL. Calculo del pronóstico.

Tabla 5. Pedidos registrados mes a mes de Bentogel para el año 2006.

Mes	PEDIDOS REGISTRADOS	Total en toneladas	Pedidos mes a mes
	BENTOGEL		
Enero	39700	40	
	80400	80	
	217600	218	
	165800	166	504
Febrero	60700	61	
	92100	92	
	148500	149	
	68600	69	370
Marzo	48300	48	
	113400	113	
	134350	134	
	140000	140	436
Abril	59900	60	
	96850	97	
	109200	109	
	122050	122	388
Mayo	32650	33	
	63750	64	
	157950	158	
	141200	141	396
Junio	64800	65	
	84700	85	
	140550	141	
	106450	106	397
Julio	30300	30	
	73800	74	
	151800	152	
	117000	117	373
Agosto	103250	103	
	121300	121	
	104950	105	
	115650	116	445
Septiembre	69550	70	
	229350	229	
	57050	57	

	65700	66	422
Octubre	34950	35	
	63500	64	
	191800	192	
	122300	122	413
Noviembre	51800	52	
	124000	124	
	186200	186	
	192700	193	555
Diciembre	58900	59	
	100000	100	
	348550	349	507

Tabla. 6 Suavización Bentogel.

Mes	Demanda	S_T	S_T^2	Pronóstico	Error	Error Abs.	Error cuadr.
1	504	Pend b2	19,81				
2	370	Conta b1	349,36				
3	436	b1 proy.	428,6				
4	388	403,544	378,489				
5	396	400	388	448,41	-52	52	2747
6	397	399	393	421,9378	-25	25	622
7	373	387	390	409,5080	-37	37	1333
8	445	413	400	381,9990	63	63	3969
9	422	417	408	435,2469	-13	13	175
10	413	415	411	433,4443	-20	20	418
11	555	477	440	422,7033	132	132	17502
12	507	490	462	542,8590	-36	36	1286
				540,3120			
Alpha	0,44153997			SUMAS	11,89	379	28052
				MAD o ECM		47	3507
				Desv. std. σ_1 =		59,17246	59,21614

Como se observa el comportamiento del pronóstico de la demanda para el mes de enero del año 2007 es mas alto que el del mes de enero del 2006, y si observamos la figura de la demanda pronosticada (Figura 32), veremos que la demanda es creciente respecto al año 2006.

Sin embargo la organización no tiene problemas con este producto, puesto que la cantidad requerida no es muy alta y se puede producir más rápido.

Figura 31. Grafico de la demanda versus el pronostico para el Bentogel.

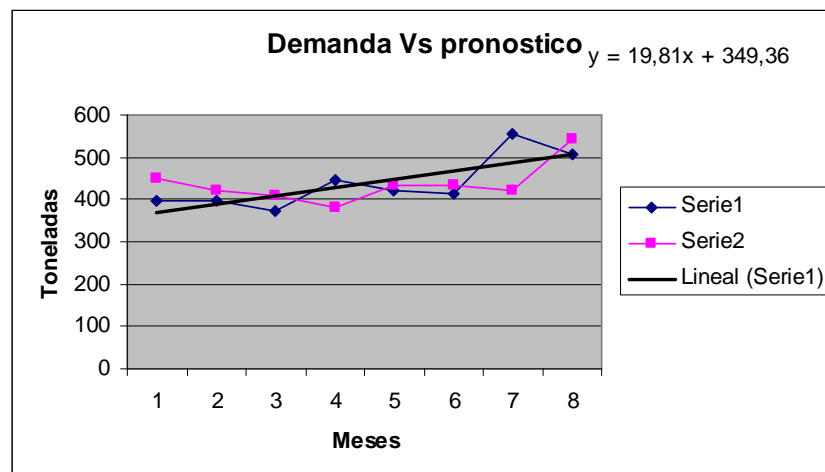


Tabla 7. Demanda pronosticada del Bentogel para el año 2007.

Enero	540
Febrero	562
Marzo	585
Abril	607
Mayo	629
Junio	651
Julio	673
Agosto	695
Septiembre	717
Octubre	739
Noviembre	762
Diciembre	784

La tabla No 7. Nos muestra el comportamiento del pronóstico que se realiza para la demanda del año 2007.

Figura 32. Grafico de la tendencia del pronóstico de la demanda de Bentogel para el año 2007.

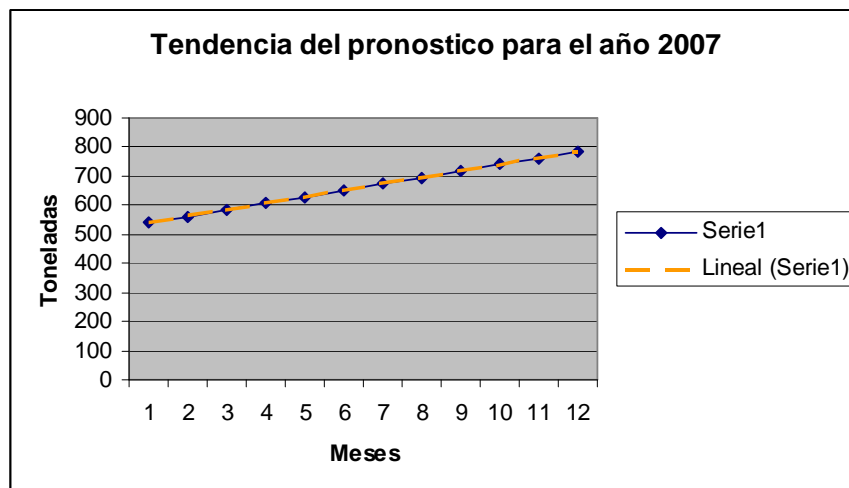
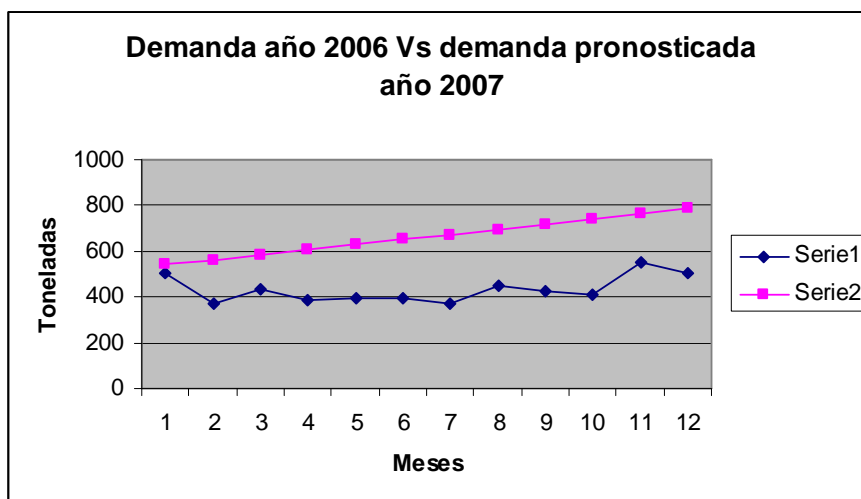


Figura 33. Grafico del análisis comparativo de la demanda del Bentogel vs. El pronóstico



- Inventario de seguridad de producto terminado para el Bentogel.

Modelo (s,Q).

$$SS = K. \sigma L$$

El nivel de servicio $P1 = 98\%$

Probabilidad de no ocurrencia de faltante $= 1 - P1$

$$1 - P1 = 1 - 0.98 = 0.02$$

Teniendo el $Pu(k)$ hallamos K.

$$K = 2.05$$

$$\sigma L = \sigma \cdot \sqrt{L}$$

$$\sigma L = 59,21614 \cdot \sqrt{0.25 \text{ mes}} = 29.6080 \approx 30 \text{ Toneladas por mes.}$$

Entonces:

$$SS = K. \sigma L$$

$$SS = 2.05 \cdot 30 = 62 \text{ Toneladas/mes.}$$

El inventario máximo a llevar por mes es de:

Inv.max = Pronostico año 2007 + inventario de seguridad.

Tabla 8. Tabla de inventario máximo a llevar por mes para el producto Bentogel, en el año 2007.

Enero	602
Febrero	624
Marzo	647
Abril	669
Mayo	691
Junio	713
Julio	735
agosto	757
Septiembre	779
Octubre	801
Noviembre	824
diciembre	846

4.8.3 Suavización exponencial doble para el producto SONOITA. Calculo del pronóstico.

Tabla 9. Pedidos registrados mes a mes para la Sonoita en el año 2006.

Mes	PEDIDOS REGISTRADOS	Total en toneladas	Pedidos mes a mes
	SONOITA		
Enero	63400	63	
	73000	73	
	74300	74	
	81000	81	292
Febrero	56100	56	
	55300	55	
	61900	62	
	22300	22	196
Marzo	25800	26	
	57000	57	
	88300	88	
	86200	86	257
Abril	66500	67	
	21800	22	
	113200	113	
	30700	31	232
Mayo	51200	51	
	62100	62	
	67950	68	
	71150	71	252
Junio	46200	46	
	42400	42	
	102350	102	
	60800	61	252
Julio	53400	53	
	137300	137	
	61500	62	
	19500	20	272
Agosto	104800	105	
	67850	68	
	79750	80	
	36100	36	289
Septiembre	26500	27	
	33850	34	
	81750	82	

	67850	68	210
Octubre	26100	26	
	45200	45	
	146600	147	
	20000	20	238
Noviembre	132800	133	
	34900	35	
	55100	55	
	86600	87	309
Diciembre	46200	46	
	7200	7	
	231300	231	285

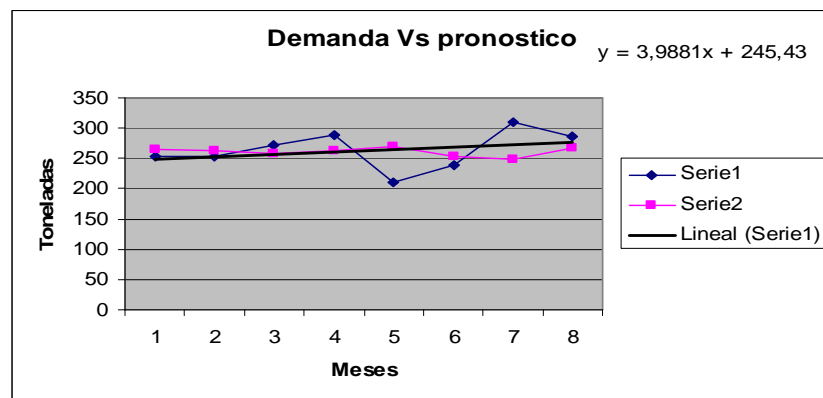
Tabla 10. Suavización Sonoita.

Mes	Demanda	S_T	S_T^2	Pronóstico	Error	Error Abs.	Error cuadr.
1	292	Pend b2	3,9881				
2	196	Conta b1	245,43				
3	257	b1 proy.	261,3824				
4	232	252,0768	242,7713				
5	252	252	246	265,3705	-13	13	179
6	252	252	247	261,3594	-9	9	88
7	272	258	255	258,5515	13	13	181
8	289	267	265	262,5861	26	26	698
9	210	250	249	270,5103	-61	61	3661
10	238	246	245	252,3572	-14	14	206
11	309	265	264	248,0500	61	61	3715
12	285	271	271	266,3350	19	19	348
				271,9345			
Alpha	0,3			SUMAS	35,25	217	9076
				MAD o ECM		27	1134
				Desv, std. σ_1 =		33,91791	33,68201

En la tabla de la suavización podemos observar que el pronóstico de la demanda para enero del año 2007 esta por debajo de la demanda real del mes de enero del año 2006. Sin embargo la línea de tendencia del pronóstico (figura 35), para el

2007 nos muestra que habrá un crecimiento, aunque no es muy significativo se mantendrá en un estándar aceptable para lo que son las ventas en este momento en la organización.

Figura 34. Grafico de la demanda versus el pronostico para la Sonoita.



Aunque la Sonoita no es un producto muy demandado, por no ser muy conocido aun en el mercado al que se aplica, podemos notar que la demanda pronosticada va a ser creciente para el año 2007.

Tabla 11. Pronostico de la demanda de la Sonoita para el año 2007.

Enero	272
Febrero	272
Marzo	272
Abril	273
Mayo	273
Junio	273
Julio	273
Agosto	274
Septiembre	274
Octubre	274
Noviembre	274
Diciembre	274

Observemos que según el pronóstico la demanda tendrá un crecimiento mínimo pero se mantendrá parejo durante todo el año. Este caso se puede observar en el grafico de la demanda del año 2006 vs., el pronóstico de la demanda del año 2007 (grafico 36).

Figura 35. Grafico de la línea de tendencia del pronóstico para el año 2007.

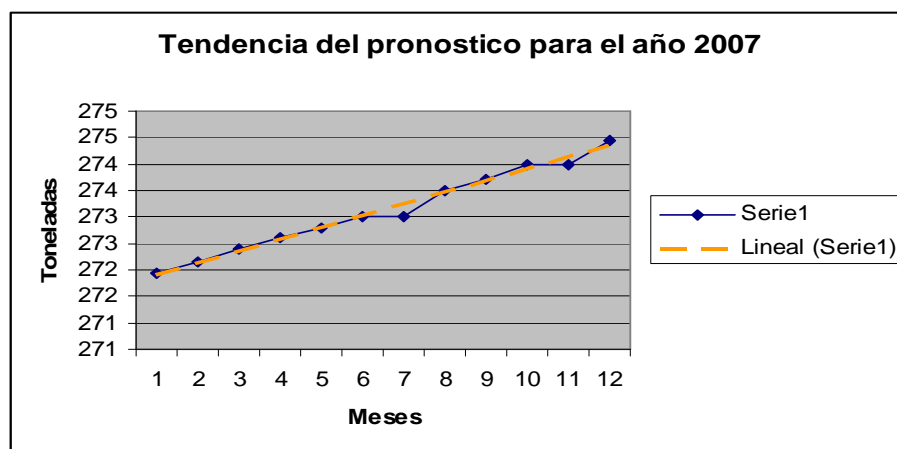
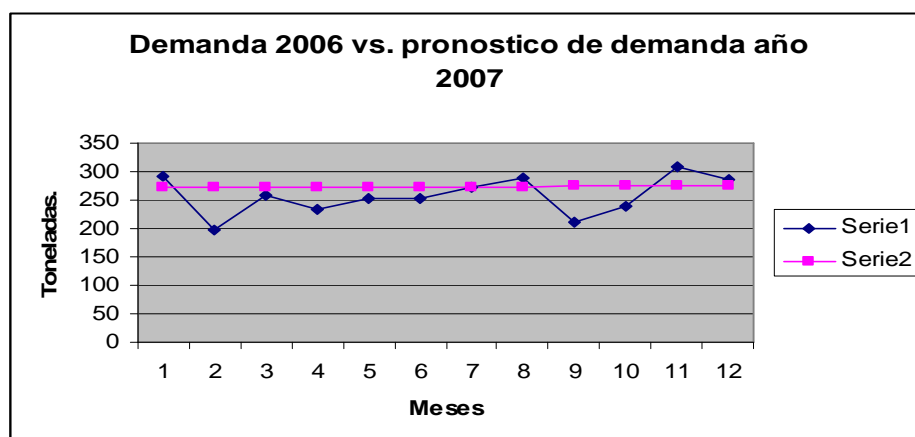


Figura 36. Grafico de la demanda año 2006 vs. Demanda pronosticada año 2007 de la sonoita.



- Inventario de seguridad del producto terminado para la Sonoita.

Modelo (s,Q).

$$SS = K. \sigma L$$

El nivel de servicio $P1 = 98\%$

Probabilidad de no ocurrencia de faltante $= 1 - P1$

$$1 - P1 = 1 - 0.98 = 0.02$$

Teniendo el $Pu(k)$ hallamos K .

$$K = 2.05$$

$$\sigma L = \sigma \cdot \sqrt{L}$$

$$\sigma L = 33.68201 \cdot \sqrt{0.25 \text{ mes}} = 16.84 \approx 17 \text{ meses}$$

Entonces:

$$SS = K. \sigma L$$

$$SS = 2.05 \cdot 17 = 35 \text{ Toneladas/mes.}$$

El inventario máximo a llevar por mes es de:

Inv.max = Pronostico año 2007 + inventario de seguridad.

Tabla 12. Tabla de inventario máximo a llevar por mes para el producto Sonoita, en el año 2007.

Enero	307
Febrero	307
Marzo	307
Abril	308
Mayo	308
Junio	308
Julio	308
agosto	309
Septiembre	309
Octubre	309
Noviembre	309
Diciembre	309

5. SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS ACTUALES CON EL SOFTWARE PROMODEL

5.1 ANALISIS

5.1.1 Evaluación del mes de agosto para proceso productivo del Arcicol por medio del modelo simulado.

- **Metodología aplicada en el proceso de simulación.** El proceso de simulación se puede entender como un proyecto compuesto por tareas y recursos requeridos.

El éxito de la simulación dependerá de la planeación y de comprender los requerimientos necesarios. Un modelo de simulación requiere un minucioso análisis de los resultados obtenidos, buena comunicación y habilidades de ingeniería para visualizar las interrelaciones del sistema.

Un buen proceso de simulación requiere de los siguientes pasos:

Elaborar un plan de estudio.

Definir el sistema.

Construir el modelo.

Ejecutar el modelo.

Analizar y reportar los resultados.

5.1.2 Paso 1. Elaborar un plan de estudio.

- **Definir los objetivos:** Se requiere simular los procesos actuales del producto Arcicol, ya que la empresa desea obtener un análisis con el fin de identificar las

posibles restricciones y cuellos de botella que se presentan. Modelar el proceso productivo del Arcicol con los recursos actuales involucrados en el área.

El desempeño de la simulación se medirá con los datos reales versus los arrojados por el promodel, el modelo básico generado estará disponible para ser usado y adaptado a nuevas especificaciones que se presentasen en el futuro de la organización, pues la información arrojada por el programa proporciona datos como análisis de la capacidad de la planta y de todo el proceso en general, optimización de los flujos, costos de los inventarios, etc.

- **Identificar las limitaciones o restricciones:** Las principales limitaciones presentadas en el desarrollo de la simulación fueron: Tiempo del proyecto, falta y disponibilidad de la información en el momento oportuno, La lejanía de la planta de producción para visitas continuas.

- **Conocer las especificaciones:** El alcance que se pretende es la simulación del proceso productivo del producto derivado de la bentonita llamado Arcicol, y de la nueva propuesta de mejora.

La variable crítica del sistema es su producto Arcicol y el rendimiento de cada una de las máquinas que se está manejando sin un buen plan de producción. El grado de exactitud del modelo está especificado por la confiabilidad de la información suministrada por parte de la empresa.

5.1.3 Paso 2. Definir el sistema.

- **Determinación de la información requerida.** Para simular el proceso productivo fue necesaria la siguiente información:

Estaciones (Locaciones): Lugares fijos en el sistema que corresponden a áreas donde se desarrollan procesos o actividades que involucran toma de decisiones tales como, las maquinas que se utilizan en el proceso, almacenamiento, banda transportadora, despacho y empaque.

Las locaciones que se utilizaran en el modelo son:

Patios	Lote II	Lote V out
Quebrantadora	Lote III	Empaque
Despacho	Lote IV	Tolva secador
Ordenes	Lote V in	Bodega Prod Term
Dosis A1	Secador	Tolva de empaque
Triturador	Dosificador A2	Estiva de empaque
Montaña 1 out	Molienda	Entrega
Lote I	Montaña 1 in	Recibo pt

Entidades (partes): Elementos que sufren transformaciones a lo largo del sistema. Es todo aquello que se procesa como materia prima, producto en proceso y producto terminado, así como documentos entre otros.

Las entidades dadas en el modelo son:

Bentonita virgen
 Bentonita A1
 Orden de trabajo
 Químico A1
 Bentonita A2
 Químico A2
 Arsicol
 Bulto Arsicol
 Pala

Rutas: Red por donde se desplazarán los recursos dinámicos que movilizan el material al procesar.

La red utilizada dentro del sistema no se representará físicamente. Se medirán las velocidades y los tiempos obtenidos de cada operación.

Camino de la retroexcavadora

Recursos: Los encargados de transportar o manipular el material, operarios, montacargas, etc.

Los utilizados en el modelo serán:

Retroexcavadora

Operario 1

Operario 2

Operario 3

Operario

Procesamiento: Actividades que deben cumplir cada tipo de entidad en cada locación del sistema de acuerdo a una ruta específica. Se define también como la lógica que describe lo que sucede en el proceso.

Llegadas (Arribos): Llegadas de nuevas entidades al sistema, es decir llegadas de materia prima a las estaciones de trabajo.

El modelo de simulación comienza con el modelo de distribución del proceso productivo que la organización nos proporciona, donde se identifican las máquinas, recursos, bodegas, transportes, etc.

- **Uso apropiado de las fuentes de información.** La información se obtuvo de los manuales del plan de producción mensual, de entrevistas con los encargados de cada área, de estudios estadísticos y datos históricos que la organización nos proporcionó, de datos recogidos por los estudiantes.

5.1.4 Paso 3. Construcción del modelo de simulación. El modelo de simulación gracias a su flexibilidad permitirá realizar las mejoras, en el proceso, en los tiempos, en las capacidades, etc.

Para generar el modelo se necesita la siguiente información:

Capacidad de las máquinas.

Recursos (cantidad de operarios, cantidad de montacargas, características)

Tiempo de procesamiento del producto.

Áreas y longitudes recorridas dentro del sistema.

Capacidades de almacenamiento y sus restricciones.

Restricciones de las máquinas.

Número de unidades por lote.

Rendimiento de las máquinas.

Entidades:

Materias primas

Ordenes de producción.

Productos.

Variables:

Cantidad de órdenes de producción

Tipo de producto requerido (especificaciones del producto).

Etapas de la simulación:**- Producto Arcicol.**

Quebrantacion.

Dosificación I.

Trituración.

Transporte bodega de añejamiento

Añejamiento

Alimentación del secador.

Secado.

Dosificación II

Molienda

Empaque

Producto terminado

Condiciones reales:

Criterios de almacenamiento y empaque.

5.1.5 Paso 4. Realización del modelo. Cuando el modelo ya es ejecutado es importante hacerlo varias veces, así podremos observar que el modelo está trabajando bajo las condiciones reales y no solamente una condición aproximada.

5.1.6 Paso 5. Análisis y obtención de datos. Esta es la parte más importante, pues es donde se entra a analizar cada uno de los datos que arroja la simulación. Es por eso que se debe manejar una postura crítica con la información que arroja el modelo, logrando que se demuestre lo simulado.

5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS DEL PRODUCTO ARCICOL

5.2.1 Método de análisis, tiempos de procesamiento para el producto Arcicol. Para la simulación de los procesos se debe iniciar con un análisis estadístico con el fin de preparar las distribuciones (generadas de los tiempos del proceso productivo del Arcicol) que se introducen en el software ProModel, así comparar los resultados de la simulación contra los valores de tiempo esperados hallados previamente (con la información obtenida en la empresa).

Este análisis se realiza solo para el producto Arcicol, pues es el producto que la empresa quiere analizar y donde se ubica el problema de faltantes.

Los procesos de desplazamiento y recolección de material los realiza la retroexcavadora.

Tiempos de desplazamientos de la retroexcavadora dentro del proceso:

Porcentaje de llenado: 500 Kg. por palada. (Capacidad máxima)

T0 = Tiempo de desplazamiento desde la bodega de materia prima (los patios), hasta la tolva de alimentación de la quebrantadora.

T1= Tiempo de desplazamiento desde la tolva de la quebrantadora hasta la montaña de producto terminado.

T2= Tiempo de desplazamiento desde la montaña de producto triturado hasta la bodega de añejamiento.

T3= Tiempo de desplazamiento desde el lote 1 hasta el lote 5.

T4= Tiempo de desplazamiento desde la bodega de alejamiento hasta la tolva de alimentación del secador.

T5= Tiempo de desplazamiento desde la tolva de alimentación del secador hasta los patios.

Las tablas de datos que a continuación se muestran fueron datos recogidos para analizar los tiempos de procesamiento del Arcicol, y así obtener las distribuciones que se deben manejar dentro del promodel a la hora de simular el modelo.

Tabla 13. Recolección de datos para desplazamientos

Datos	T0	T1	T2	T3	T4	T5
1	0,29	0,32	0,40	0,45	0,49	0,54
2	0,25	0,30	0,42	0,43	0,52	0,47
3	0,21	0,26	0,38	0,46	0,52	0,40
4	0,28	0,33	0,39	0,46	0,48	0,51
5	0,29	0,35	0,37	0,47	0,55	0,54
6	0,26	0,31	0,41	0,43	0,50	0,48
7	0,30	0,35	0,37	0,45	0,51	0,55

8	0,23	0,27	0,39	0,48	0,49	0,42
9	0,33	0,38	0,38	0,46	0,52	0,62
10	0,36	0,43	0,42	0,47	0,52	0,67
11	0,29	0,35	0,41	0,45	0,53	0,55
12	0,27	0,32	0,38	0,43	0,49	0,50
13	0,32	0,38	0,39	0,42	0,52	0,59
14	0,27	0,32	0,41	0,43	0,51	0,50
15	0,28	0,34	0,38	0,47	0,48	0,52
16	0,28	0,33	0,36	0,48	0,51	0,52
17	0,32	0,38	0,43	0,45	0,54	0,60
18	0,28	0,34	0,43	0,45	0,49	0,52
19	0,33	0,40	0,40	0,46	0,53	0,62
20	0,28	0,33	0,38	0,45	0,52	0,51
21	0,23	0,27	0,36	0,49	0,50	0,42
22	0,29	0,34	0,41	0,46	0,50	0,53
23	0,23	0,27	0,39	0,47	0,53	0,43
24	0,31	0,37	0,37	0,42	0,52	0,57
25	0,30	0,36	0,36	0,48	0,49	0,55
26	0,28	0,34	0,41	0,44	0,52	0,53
27	0,27	0,33	0,37	0,46	0,49	0,51
28	0,26	0,31	0,35	0,44	0,50	0,48
29	0,30	0,36	0,36	0,45	0,50	0,56
30	0,33	0,39	0,37	0,42	0,51	0,61
31	0,29	0,34	0,42	0,48	0,49	0,54
32	0,26	0,32	0,36	0,46	0,48	0,49
33	0,28	0,34	0,39	0,48	0,53	0,53
34	0,29	0,35	0,36	0,45	0,54	0,55
35	0,29	0,34	0,42	0,46	0,47	0,53
36	0,28	0,33	0,37	0,46	0,48	0,52
37	0,31	0,37	0,37	0,43	0,52	0,57
38	0,34	0,40	0,39	0,47	0,51	0,63
39	0,29	0,34	0,36	0,42	0,48	0,53
40	0,24	0,29	0,43	0,46	0,50	0,46
41	0,26	0,31	0,36	0,48	0,50	0,48
42	0,32	0,38	0,41	0,46	0,49	0,60
43	0,33	0,40	0,35	0,45	0,52	0,62
44	0,29	0,35	0,37	0,42	0,52	0,54
45	0,28	0,34	0,42	0,46	0,48	0,53
46	0,33	0,40	0,42	0,48	0,50	0,62
47	0,30	0,36	0,37	0,45	0,51	0,55
48	0,28	0,34	0,37	0,44	0,47	0,52
49	0,23	0,27	0,39	0,48	0,52	0,42
50	0,24	0,29	0,35	0,47	0,53	0,45
51	0,33	0,39	0,38	0,48	0,54	0,61

52	0,33	0,40	0,43	0,45	0,52	0,62
53	0,29	0,34	0,38	0,45	0,52	0,54
54	0,27	0,33	0,41	0,42	0,48	0,51
55	0,26	0,31	0,35	0,45	0,48	0,48
56	0,30	0,36	0,37	0,48	0,52	0,56
57	0,27	0,33	0,36	0,46	0,53	0,51
58	0,26	0,31	0,41	0,46	0,51	0,48
59	0,29	0,35	0,38	0,45	0,48	0,54
60	0,28	0,33	0,38	0,48	0,51	0,52

Distribuciones arrojadas para cada tiempo:

Tabla 14. Distribuciones dadas por el Stat fit para los tiempos de desplazamiento de la retroexcavadora.

T0 =	$-2.66+2.94*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./171)$
T1 =	$-4.53+4.87*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./239)$
T2 =	B(0.908, 1.,0.348, 0.432)
T3 =	$0.456-1.11e-002*LN((1./U(0.5,0.5))-1.)$
T4 =	$0.517+1.82e-002*LN(LN(1./((1.-U(0.5,0.5)))))$
T5 =	$0.531-3.25e-002*LN((1./U(0.5,0.5))-1.)$

Tiempos de los procesos para la elaboración de Arcicol en minutos.

La cantidad de bentonita para el análisis del tiempo es de 500 Kg.

T. Quebrantado.

T. Triturado.

T. Secado.

T. Molienda

T. Empaque por bulto

Tabla 15. Recolección de datos para los tiempos de los procesos para la producción de Arcicol.

Datos	T Quebrant	T. Tritur.	T. Secado	T. Molienda	T. Empaque por bulto	molienda
1	0,44	0,22	0,35	0,85	0,12	0,47
2	0,41	0,23	0,38	0,91	0,14	0,51
3	0,47	0,18	0,40	0,95	0,15	0,53
4	0,45	0,23	0,38	0,81	0,14	0,45
5	0,43	0,22	0,43	0,91	0,13	0,50
6	0,48	0,18	0,35	0,90	0,16	0,50
7	0,43	0,21	0,42	0,79	0,17	0,44
8	0,42	0,25	0,36	0,93	0,16	0,52
9	0,43	0,22	0,39	0,79	0,14	0,44
10	0,44	0,22	0,38	0,92	0,15	0,51
11	0,44	0,21	0,40	0,83	0,15	0,46
12	0,44	0,22	0,39	0,85	0,17	0,47
13	0,49	0,19	0,36	0,95	0,16	0,53
14	0,46	0,23	0,39	0,84	0,16	0,47
15	0,46	0,18	0,37	0,82	0,16	0,45
16	0,44	0,22	0,39	0,84	0,14	0,47
17	0,45	0,23	0,43	0,94	0,18	0,52
18	0,43	0,22	0,35	0,90	0,16	0,50
19	0,41	0,25	0,37	0,83	0,15	0,46
20	0,46	0,23	0,38	0,85	0,14	0,47
21	0,48	0,20	0,45	0,83	0,17	0,46
22	0,44	0,22	0,38	0,85	0,18	0,47
23	0,42	0,21	0,37	0,81	0,18	0,45
24	0,43	0,22	0,35	0,88	0,18	0,49
25	0,46	0,23	0,37	0,85	0,15	0,47
26	0,47	0,21	0,39	0,90	0,16	0,50
27	0,43	0,22	0,38	0,94	0,16	0,52
28	0,41	0,24	0,39	0,91	0,14	0,50
29	0,44	0,22	0,36	0,81	0,15	0,45
30	0,43	0,21	0,36	0,90	0,16	0,50
31	0,45	0,22	0,35	0,84	0,17	0,46
32	0,43	0,21	0,39	0,83	0,18	0,46
33	0,46	0,20	0,38	0,88	0,18	0,49
34	0,43	0,21	0,40	0,93	0,13	0,51
35	0,48	0,18	0,37	0,84	0,15	0,46
36	0,46	0,23	0,37	0,84	0,15	0,47
37	0,45	0,23	0,40	0,80	0,16	0,45
38	0,43	0,21	0,35	0,98	0,17	0,54

39	0,43	0,22	0,38	0,91	0,16	0,51
40	0,44	0,22	0,37	0,84	0,15	0,46
41	0,47	0,23	0,36	0,81	0,15	0,45
42	0,43	0,22	0,38	0,83	0,17	0,46
43	0,48	0,20	0,39	0,91	0,16	0,51
44	0,44	0,22	0,41	0,97	0,18	0,54
45	0,43	0,21	0,40	0,87	0,18	0,49
46	0,48	0,17	0,35	0,83	0,16	0,46
47	0,43	0,22	0,38	0,95	0,16	0,53
48	0,44	0,22	0,37	0,85	0,18	0,47
49	0,46	0,23	0,38	0,80	0,17	0,44
50	0,46	0,23	0,40	0,84	0,16	0,46
51	0,42	0,21	0,35	0,80	0,16	0,45
52	0,44	0,22	0,36	0,91	0,14	0,50
53	0,41	0,24	0,36	0,83	0,14	0,46
54	0,43	0,21	0,37	0,93	0,16	0,52
55	0,44	0,22	0,37	0,88	0,17	0,49
56	0,45	0,20	0,40	0,91	0,18	0,51
57	0,43	0,21	0,37	0,83	0,14	0,46
58	0,46	0,23	0,42	0,87	0,15	0,48
59	0,44	0,22	0,39	0,83	0,16	0,46
60	0,41	0,27	0,34	0,82	0,16	0,45

Tabla 16. Distribuciones dadas por el Stat fit para los tiempos de los procesos en la elaboración de Arcicol.

T Quebranta	$0.346+L(9.77e-002, 2.02e-002)$
T. Tritura.	$-0.154+0.373*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./38.3)$
T. Secado	$0.196+0.182*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))^{**}(1./14.8)$
T. Molienda	$T(0.783, 0.81, 0.998)$
T. Empaque por bulto	$0.158-8.55e-003*LN((1./U(0.5,0.5))-1.)$

Tiempos de desplazamientos y labores de los operarios de empaque.

T1 = Tiempo que el operario toma en recoger 10 bultos de Arcicol de 50 Kg.

T2 = Tiempo que toma el operario para ir hasta la bodega de producto terminado con la carreta manual donde se movilizan los bultos.

T3 = Tiempo que toma el operario descargando los 10 bultos.

T4 = Tiempo que el operario utiliza para regresar hasta la zona de empaque.

Tabla 17. Tiempos para los operarios.

DATOS	T1 (min.)	T2 (min.)	T3 (min.)	T4 (min.)
1	2,83	0,65	3,62	0,62
2	3,17	0,65	3,41	0,61
3	3,47	0,66	3,53	0,61
4	3,36	0,66	3,77	0,61
5	3,43	0,67	3,51	0,61
6	3,05	0,65	3,61	0,61
7	3,35	0,66	3,89	0,62
8	3,10	0,65	3,58	0,61
9	3,59	0,66	3,95	0,61
10	3,28	0,65	3,68	0,62
11	3,27	0,66	3,84	0,62
12	3,36	0,65	3,37	0,61
13	2,91	0,65	3,90	0,61
14	3,68	0,66	3,86	0,61
15	3,58	0,66	4,10	0,62
16	4,01	0,66	3,80	0,63
17	3,69	0,66	4,17	0,63
18	3,59	0,67	3,72	0,62
19	3,92	0,65	3,35	0,61
20	3,60	0,66	3,57	0,63
21	3,28	0,66	3,40	0,61
22	3,63	0,66	3,70	0,62
23	3,68	0,65	3,52	0,60
24	4,04	0,65	3,75	0,61
25	3,82	0,66	3,91	0,63
26	3,99	0,65	3,76	0,63
27	3,77	0,66	3,90	0,61
28	3,54	0,66	4,08	0,60
29	3,03	0,65	3,92	0,61


30	3,48	0,66	3,32	0,61
31	3,58	0,66	3,20	0,62
32	3,67	0,65	3,86	0,60
33	3,30	0,63	3,40	0,60
34	3,13	0,64	3,55	0,61
35	3,96	0,64	3,91	0,62
36	3,89	0,66	3,79	0,63
37	4,08	0,66	4,06	0,61
38	3,67	0,65	3,87	0,61
39	3,58	0,66	4,17	0,60
40	4,05	0,66	3,59	0,61
41	3,61	0,66	3,65	0,62
42	3,76	0,65	3,98	0,61
43	3,24	0,65	4,11	0,62
44	3,82	0,65	3,74	0,60
45	3,94	0,65	4,19	0,61
46	3,86	0,63	3,94	0,62
47	4,12	0,63	4,16	0,61
48	4,31	0,65	3,09	0,61
49	4,03	0,66	3,16	0,63
50	3,99	0,65	3,32	0,61
51	3,27	0,66	3,83	0,61
52	3,07	0,67	3,88	0,61
53	3,65	0,66	4,45	0,61
54	3,60	0,65	3,65	0,61
55	3,72	0,65	3,58	0,61
56	3,86	0,65	3,22	0,62
57	3,75	0,65	3,63	0,62
58	3,57	0,66	3,51	0,63
59	3,88	0,67	3,46	0,62
60	3,64	0,64	4,05	0,62

Datos promediados para cada operario	216,13	39,23	223,47	36,87
	3,60	0,65	3,72	0,61

La anterior tabla nos muestra los datos promediados para asumir como un supuesto que los tres operarios tienen el mismo tiempo de desplazamiento para la realización de sus labores.

Este supuesto se hace en base de los tiempos tomados, pues los tres operarios tienen unos tiempos muy parejos y por consiguiente existe una buena coordinación del tiempo en esta área.

Tabla 18. Pedidos para el mes de agosto.

		BENTONITAS COLOMBIANAS LTDA		Código PF 10	Versión 5
		Programación Mensual de la Producción		Fecha Vigencia 27/08/2006	Página 1 de 1
Producto	Fecha	Kg.finales	Porcentaje	semana	
Arcicol x 50	01/08/2006	109800			
	02/08/2006	75200			
	02/08/2006	56700			
	03/08/2006	92500			
	04/08/2006	122500			
	04/08/2006	39650		496350	
	08/08/2006	59650			
	08/08/2006	45200			
	09/08/2006	48750			
	10/08/2006	45950			
	11/08/2006	52600			
	11/08/2006	42350		294500	
	14/08/2006	53900			
	14/08/2006	43600			
	14/08/2006	59300			
	15/08/2006	52700			
	15/08/2006	184200			
	No				
	16/08/2006	65400			
	16/08/2006	120350			
	17/08/2006	55000			
	18/08/2006	29750			
	18/08/2006	52600		716800	
	24/08/2006	52800			
	24/08/2006	75400			
	25/08/2006	114000			
	28/08/2006	100000			

	29/08/2006	90550		
	29/08/2006	65000		
	No			
	29/08/2006	181300		
	30/08/2006	88200		
	30/08/2006	53100		
	31/08/2006	94200		914550
	TOTAL	2422200	0,66499197	
Arcicol J x 50	02/08/2006	80500		
	02/08/2006	91100		
	04/08/2006	50000		221600
	08/08/2006	25000		
	11/08/2006	50000		75000
	14/08/2006	39500		39500
	24/08/2006	60500		
	31/08/2006	90000		150500
	TOTAL	486600	0,1335914	
Bentogel	01/08/2006	20650		
	01/08/2006	22500		
	02/08/2006	29750		
	03/08/2006	11450		
	04/08/2006	18900		103250
	08/08/2006	24650		
	08/08/2006	18500		
	09/08/2006	45650		
	10/08/2006	32500		121300
	22/08/2006	29100		
	24/08/2006	25450		
	24/08/2006	27850		
	25/08/2006	22550		104950
	29/08/2006	40500		
	29/08/2006	45500		
	30/08/2006	29650		115650
	TOTAL	445150	0,1222117	
Sonoita	01/08/2006	42500		
	02/08/2006	22650		
	02/08/2006	39650		104800
	11/08/2006	17850		
	11/08/2006	50000		67850
	16/08/2006	22100		
	16/08/2006	12450		
	18/08/2006	45200		79750
	25/08/2006	11100		
	28/08/2006	12500		
	31/08/2006	12500		36100
	TOTAL	288500	0,07920493	
TOTALES		3642450		

- La demanda de Arcicol para este mes fue de 2.908.800 Toneladas de Arcicol, notándose la desproporción de producto terminado a tener que producirse.

5.2.2 Análisis de las distribuciones obtenidas con el software Stat fit. Ciertas herramientas de simulación brindan sustanciales mejoras en cuanto profundidad de análisis a la hora de evaluar una situación de incertidumbre. No solo permiten obtener un análisis y entendimiento mas completo de la situación y del riesgo involucrado si no que también se superan algunas limitaciones del enfoque tradicional de lo estudiado, en el cual no se utilizan estas herramientas.

Bajo el enfoque tradicional, se puede obtener una idea sobre el rango de valores que puede tomar un determinado grupo de variables que se desea estudiar, pero sin considerar la probabilidad de ocurrencia de cada uno de esos valores, es decir, no se llega a describir el comportamiento de dichos valores en términos de una distribución de probabilidad (Al menos de un modo riguroso).

Existen dos aspectos que son clave para la aplicación exitosa de la simulación. El primero de ellos radica en identificar cuales son las distribuciones de probabilidad adecuadas que deben utilizarse para simular cada una de las variables aleatorias de un modelo y el segundo consiste en definir adecuadamente las interdependencias que describen el comportamiento esperado de dichas variables.

Es por eso que se realizara un estudio comparativo de la veracidad del ajuste de las distribuciones de probabilidad utilizando diferentes técnicas de estimación de parámetros, para describir la distribución correcta para los tiempos de desplazamientos de la retroexcavadora, de los operarios y del proceso en general. Los métodos de ajuste utilizados fueron los arrojados por el Stat fit.

La efectividad de las diferentes distribuciones y métodos se comparo mediante un Índice calificador que combina las pruebas de Kolmogorov-Esmirnov, Chi-cuadrada y Anderson Darling. Las distribuciones que a continuación se muestran fueron las que mejor se ajustaron para estimar los datos.

- Distribuciones para los tiempos de desplazamientos de la retroexcavadora.

De acuerdo con la prueba estadística realizada con Stat fit, mediante las pruebas de bondad de ajuste se selecciona por el Ranking arrojado la distribución así:

Para **T0**: Log logistic (-2.66, 171,2.94) con un Rank de 98.2% y siendo no rechazada, por consiguiente es la distribución seleccionada para el modelo de simulación.

Para **T1**: Log logistic (-4.53, 239,4.87) con un Rank de 98.5% y siendo no rechazada, por consiguiente es la distribución seleccionada para el modelo de simulación.

Para **T2**: Power fuction (0.348,0.432, 0.908) con un Rank del 100% y siendo no rechazada, por consiguiente es la distribución seleccionada para el modelo de simulación.

Para **T3**: Logistic (0.456,1.11e-002) con un Rank de aceptación del 84.1% y siendo no rechazada, por consiguiente es la distribución seleccionada para el modelo de simulación.

Para **T4**: Extreme valué IB (0.517, 1.82 e-002) con un Rank de aceptación del 93% y siendo no rechazada, será la utilizada para introducir al promodel.

Para **T5**: Logistic (0.531,3.25e-002) con un Rank de aceptación del 100% y no siendo rechazada por el stat fit, será la utilizada para el modelo.

- Distribuciones para los tiempos de procesamiento del Arcicol.

T quebrantado: Log normal (0.346, -2.35, 0.205) con un Rank de aceptación del 100% y siendo no rechazada por el Stat fit, será la indicada para introducir al modelo.

T triturado: Log Logistic (-0.154,38.3, 0.373) con un rank de aceptación del 83.1% y siendo rechazada por el Stat fit, será la indicada para introducir dentro del modelo pues a pesar de su condición el software Stat fit asume que es la mas indicada y analizando el P-valué de la Anderson Darling notamos que es la que posee el menor valor de error.

T Secado: Gamma (0.673, 6.39, 8.9e-003) con un Rank de aceptación del 100% y siendo no rechazada por el Stat fit, será la indicada para introducir al modelo.

T molienda: Triangular (0.783, 0.998, 0.81) con un Rank de aceptación del 97.1% y siendo no rechazada por el Stat fit, será la indicada para introducir al modelo.

T de empaque por cada 10 bultos: Logistic (158, 8.55e-003) con un Rank de aceptación del 96.7% y siendo no rechazada por el Stat fit, será la indicada para introducir al modelo.

- Distribución para el mes de Agosto.

Agosto: Log normal (1.7e+004,10.7, 0.617) con un Rank de aceptación del 98.3% y siendo no rechazada por el Stat fit, será la indicada para introducir al modelo.

5.2.3 Análisis del tipo de distribución.

Logistic. (Logística) Esta distribución es dada por que sirve para modelar una población de datos que crece y finalmente se estabiliza en su máxima capacidad.

Log logistic. (Registro lógico) Esta es una distribución que muestra la información organizada tal como inicialmente se percibe en la lista, o en el programa o en el orden en que se tengan los datos.

Gamma. Es una distribución que contiene una familia de datos de cantidades variadas que permite un ajuste adecuado de los puntos experimentales a usarse en el programa.

Triangular. Es una distribución que se mueve entre tres tipos de datos el mínimo, el máximo y el más probable. Dado que depende de los tres parámetros simples ya mencionados y puede tomar una variedad de formas, es muy flexible para modelizar una amplia variedad de supuestos.

Distribución Log normal. La f.d.p. de una distribución normal es no nula en todo el eje real (y no sólo en el semieje positivo). Por este motivo, el uso de la normal implicaría que el fallo puede producirse antes del instante $t = 0$. Para evitar esta inconveniencia que presenta la distribución normal, se puede utilizar en su lugar la distribución Log-normal.

Beta. Distribución utilizada para la estimación del tiempo de actividad esperado. Esta estimación se basa en el supuesto de que el tiempo de la actividad es una variable aleatoria cuya probabilidad tiene una distribución beta uní modal.

Distribución Extreme value. Las distribuciones extremas del valor son las distribuciones limitadoras para el mínimo o el máximo de una colección muy grande de observaciones al azar idénticamente distribuidas en la misma distribución arbitraria.

Distribución Power function. La distribución power function se utiliza típicamente para determinar un tamaño de muestra apropiado para alcanzar la energía adecuada, entendiéndose como energía la probabilidad que la prueba rechazara un dato nulo o falso.

Log normal. Es cuando muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana. Muchas variables asociadas a fenómenos naturales que siguen un modelo normal.

Ejemplo: consumo de cierta cantidad de producto por un mismo grupo, maquina, proceso, etc.

5.2.4 Estadísticas de adaptación. Para cada adaptación se genera una o más estadísticas de adaptación. Estas estadísticas indican el nivel de coincidencia entre la adaptación y los datos de entrada, y el nivel de confianza que puede tener en que los datos han sido producidos por la función de distribución. Por cada una de estas estadísticas, cuanto menor sea el valor, mejor es la adaptación. El Stat fit utiliza tres estadísticas de adaptación y son:

Estadística Chi-Square:

La estadística Chi-Square es la estadística que mejor muestra la idoneidad de una adaptación. Se puede utilizar tanto con datos de muestra continuos como independientes.

Uno de los inconvenientes de la estadística Chi-Square es que no hay normas claras para seleccionar el número y localización de los compartimentos. En algunas situaciones, pueden alcanzarse diferentes conclusiones a partir de unos mismos datos dependiendo de cómo se establecieron los compartimentos.

Estadística Kolmogorov-Smirnov (K-S):

Otra estadística de adaptación que se puede usar con datos de muestra continuos es la Kolmogorov-Smirnov.

La estadística K-S no requiere el establecimiento de compartimentos, lo cual hace que sea una estadística menos arbitraria que la Chi-Square. Uno de los inconvenientes de la estadística K-S es que no detecta muy bien discrepancias en los extremos.

Estadística Anderson-Darling (A-D):

La última estadística de adaptación que se puede usar con datos de muestra continuos es la Anderson-Darling.

Como la estadística K-S, la A-D no requiere el establecimiento de compartimentos. Pero a diferencia de la estadística K-S, que se enfoca en el medio de la distribución, la estadística A-D destaca las diferencias entre los extremos de la distribución adaptada y los datos de entrada.

5.3 MODELO SIMULADO

5.3.1 Realización de la simulación.

Cuando se hablo con el gerente de la organización acerca de la problemática que se tenía a la hora de procesar el Arcicol, hizo énfasis en dos problemas:

El primero se trata de la restricción de tiempo para el procesamiento de dicho producto, pues para poder suplir los pedidos de los otros productos que se manejan, los pedidos de Arcicol se deben procesar máximo en dos semanas.

El segundo problema radica en que hay lentitud tanto en la molienda como en el proceso de empaque.

Teniendo en cuenta la anterior información el tiempo en horas que se tiene es: Una jornada laboral de 10 horas. 5 días a la semana, por lo tanto dos semanas duran 100 horas.

Así, el modelo se simulo para un total de 100 horas, tiempo real con el cual la organización cuenta para la producción de Arcicol.

Para el caso en estudio, se simulo un modelo creado para el mes de agosto del año 2006, pues fue un mes crítico y el gerente deseaba que fuese analizado para saber afrontar dichos problemas en el futuro.

El tiempo de la simulación se muestra así:

Tabla 19. Tiempo de simulación para el modelo original (100 horas).

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals
Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name		Value				
Run Date/Time		03/03/2007 04:59:36 p.m.				
Model Title		VENTOGEL				
Model Path/File		C:\Documents and Settings\cavelandia\Escritorio\Modelo original 100 horas.MOD				
Warmup Time (HR)		1				
Simulation Time (HR)		100				

Dentro del tiempo de simulación no se tuvieron en cuenta los descansos de los operarios ni los posibles paros que se pudieron ocasionar, puesto que los requerimientos del gerente de la organización fueron específicos al comunicarnos que los paros no son muy frecuentes y los operarios son reemplazados en sus descansos por los supervisores, por lo tanto que no se tuvieron en cuenta.

El precalentamiento de la planta se realiza casi 7 minutos antes de iniciarse la jornada laboral, este proceso lo realizan los vigilantes antes del cambio del turno, por tal razón se simuló 1 hora de calentamiento junto con las 100 horas de corrido.

[illegible]

El anterior grafico muestra el montaje que se realizo con el software promodel para simular el modelo de la producción del Arcicol para el mes de agosto del año 2006.

5.3.2 Análisis de los datos obtenidos.

- **Locaciones (Estaciones de trabajo).** Los datos que se muestran a continuación en la tabla 20 son el resultado de las locaciones que se simularon en el modelo con un tiempo de 100 horas.

Tabla 20. Locaciones.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables	
Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization		
patios	100,00	100,00	3229,00	184,82	99,46	100,00	100,00	99,46		
quebrantadora	100,00	1,00	3129,00	0,44	0,23	1,00	0,00	23,12		
despacho	100,00	10,00	3160,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
ordenes	100,00	100,00	57,00	1619,14	15,38	26,00	26,00	15,38		
DosisA1	100,00	2,00	159,00	75,47	2,00	2,00	2,00	100,00		
Triturador	100,00	500,00	1564500,00	0,00	0,01	500,00	0,00	0,00		
Montana1 Out	100,00	500,00	3294,00	0,21	0,12	1,00	0,00	0,02		
lotel	100,00	500,00	3327,00	297,35	164,88	330,00	33,00	32,98		
lotell	100,00	500,00	3624,00	545,51	329,49	330,00	329,00	65,90		
lotelll	100,00	500,00	3625,00	545,38	329,50	330,00	330,00	65,90		
lotelV	100,00	500,00	3625,00	545,53	329,59	330,00	329,00	65,92		
lotelV in	100,00	500,00	3593,00	278,41	166,72	333,00	299,00	33,34		
Secador	100,00	1,00	1647176,00	0,00	0,55	1,00	1,00	54,85		
DosificadorA2	100,00	2,00	167,00	71,86	2,00	2,00	2,00	100,00		
Molienda	100,00	1,00	1647175,00	0,00	0,55	1,00	1,00	54,91		
Montana1 in	100,00	200000,00	1647175,00	0,91	249,00	550,00	175,00	0,12		
lotelV Out	100,00	500,00	3294,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
Empaque	100,00	50,00	1686650,00	0,17	47,59	50,00	50,00	95,17		
tolva Secador	100,00	3,00	3295,00	1,01	0,55	2,00	1,00	18,47		
Bodega Prod term	100,00	999999,00	30630,00	195,56	998,32	3616,00	1631,00	0,10		
Tolva Empaque	100,00	1000,00	1686714,00	0,43	122,25	484,00	98,00	12,22		
Estiba Empaque	100,00	999999,00	33739,00	290,02	1630,85	3325,00	3319,00	0,16		
Entrega	100,00	999999,00	28999,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
Recibo PT	100,00	100,00	3036,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
estiba carga	100,00	10,00	3046,00	19,59	9,95	10,00	10,00	99,47		

En la tabla de las locaciones se obtuvieron datos de capacidad, tiempos y cantidades del proceso de producción del Arcicol arrojados por la simulación con el promodel.

- En la columna Entradas totales (Total entries) nos informa cuanto material entro al sistema (entities) y a su vez pasó por la respectiva estación. Vale la pena aclarar que la cantidad de material que se da en las estaciones nombradas a continuación se dan en cantidades de 500 Kg., así: Patios, quebrantadora, despacho, montaña 1, lote I, lote II, lote III, lote IV, lote V, tolva de secador, recibo de producto terminado y estiba de carga.

En la siguiente tabla se dan las cantidades reales de cada una de estas locaciones:

Tabla 21. Cantidades reales.

Nombre	Cant. entradas	Total (Kg.)
Patios	3229	1614500
Quebranta.	3129	1564500
despacho	3160	1580000
Montaña 1	3294	1647000
Lote I	3327	1663500
Lotell	3624	1812000
Lote III	3625	1812500
Lote IV	3625	1812500
Lote V in	3593	1796500
Lote V out	3294	1647000
Tolva secad.	3295	1647500
Recibo pt	3036	1518000
Estiba carga	3046	1523000
Dosificación AI	159	8
Dosificación II	167	4.2

Las locaciones dosificación I y dosificación II están dadas por 50 y 25 gramos por kilogramo respectivamente.

Las locaciones de bodega de producto terminado, estiba de empaque y entrega están dadas por bultos de 50 Kg. Así:

Tabla 22. Cantidad de bultos.

Nombre	Cant. Producto	Total (Kg.)
Bodega prod. Term.	30630	1531500
Estiba empaque	33739	1686950
Entrega	28999	1449950

El resto de las locaciones si se dan en kilogramos como se observa el la tabla 20.

- En la columna minutos promedio por entrada (Average minutes per entry) indica el tiempo promedio que permaneció cada material que entro en la estación.
- En la columna contenido máximo (Maximun contents) indica cual fue la máxima cantidad de material que la entidad alojo a la vez.
- En la columna contenido actual (current contents) dice cuanto material (entities) quedo en el sistema especificando la maquina o el sitio.

De las 41 órdenes que llegaron en el mes de agosto solo se pudieron procesar 15 satisfactoriamente, quedándose en el sistema 26 sin cumplir en el tiempo estipulado. Haciendo un supuesto podemos decir que se asemeja casi en un 95% a los resultados que la organización nos aporó pero que por petición del gerente no se mostraran en este documento.

En las locaciones de empaque, bodega de producto terminado y estiba de empaque podemos notar que hay material represado. En total hay una cantidad de 247.550 Kg. de producto.

- En la columna de % utilización se puede observar cual fue el porcentaje de tiempo en que la estación estuvo procesando el material.

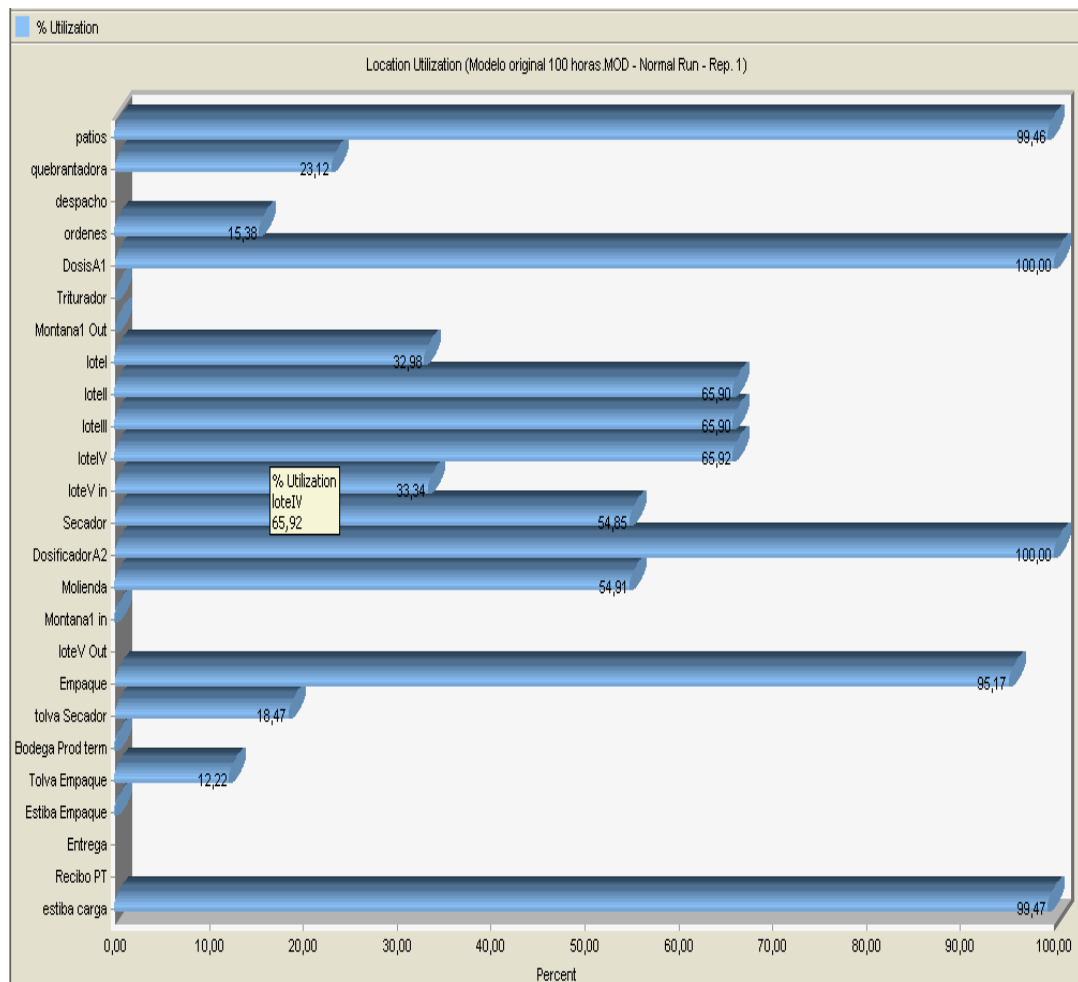
Finalmente la tabla 20 nos muestra que en un tiempo de 100 horas (tiempo dispuesto para producir Arcicol) se logro producir un máximo de 33.739 bultos de producto terminado que equivalen a 1.686.950 Kg. + 3.319 bultos que están represados en la zona de empaque y no han podido ser evacuados y que equivalen a 165.950 Kg., para un total de 1.852.900 Kg., cuando realmente se debía producir 2.908.800 Kg., que fue la demanda ordenada para el mes de agosto del año 2006.

Como se puede observar la demanda no se pudo cumplir en el tiempo estipulado, generando un atraso en la producción de los productos Bentogel y Sonoita, teniendo que incumplirle al cliente, ocasionando un atraso y un desorden en la producción del mes siguiente.

1

¹ ARAGON CH. , Alexander – ARIAS C., Geovanny de J. Sección de laboratorios. Programa de ingeniería industrial. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, 2004. p. 26.

Figura 38. Porcentajes de utilización para las locaciones.



- **Porcentaje de ocupación en las locaciones.** La tabla que se muestra a continuación contiene los porcentajes de ocupación que tanto las maquinas como el sistema en general registraron en el transcurso del proceso.

Tabla 23. Porcentajes de ocupación en las locaciones.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States
Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (HR)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
patios	100,00	0,00	1,83	98,17	0,00
despacho	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
ordenes	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
DosisA1	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Triturador	100,00	99,95	0,05	0,00	0,00
Montana1 Out	100,00	88,39	11,61	0,00	0,00
lotel	100,00	0,11	99,89	0,00	0,00
lotelI	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelII	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelV	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelV in	100,00	0,01	99,99	0,00	0,00
DosificadorA2	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Montana1 in	100,00	0,65	99,35	0,00	0,00
lotelV Out	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Empaque	100,00	0,22	10,98	88,80	0,00
tolva Secador	100,00	45,25	54,75	0,00	0,00
Bodega Prod term	100,00	0,03	99,97	0,00	0,00
Tolva Empaque	100,00	11,54	88,46	0,00	0,00
Estiba Empaque	100,00	0,18	99,82	0,00	0,00
Entrega	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Recibo PT	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
estiba carga	100,00	0,00	1,58	98,42	0,00

- **Porcentajes de operación.** Se trata de las estaciones que solo pueden procesar un material a la vez. (Capacidad = 1).

Tabla 24. Porcentajes de operación.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals		
	Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
	Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
	quebrantadora	100,00	23,12	0,00	76,88	0,00	0,00	0,00
	Secador	100,00	27,45	0,00	45,15	0,00	27,40	0,00
	Molienda	100,00	54,91	0,00	45,09	0,00	0,00	0,00

- Los valores de porcentaje tienen en cuenta los tiempos promedio que la estación de trabajo proceso material. (5ª columna de la tabla 24).

- En la columna de porcentaje de operación (% operation) se muestra el porcentaje de tiempo que la estación estuvo realizando la operación que le corresponde.

La estación quebrantadora, secador y molienda según la tabla 24, no tuvo en promedio un tiempo especificado, pues no retiene el material y el proceso es continuo. Sin embargo podemos notar que para la quebrantadora utilizo el 23.12% del tiempo total del proceso para quebrantar los terrones de bentonita que le llegaban, el secador utilizo el 27.45% para eliminar la humedad y la molienda utilizo el 54.91% para pulverizar el material.

- La columna porcentaje disponible (% Idle) muestra el porcentaje de tiempo que la estación estuvo sin material que procesar.

Si se observa la tabla veremos que la quebrantadora pasa un porcentaje de tiempo del 76.88% sin material que procesar, tiempo bastante considerable que se maneja como tiempo ocioso dentro de la producción.

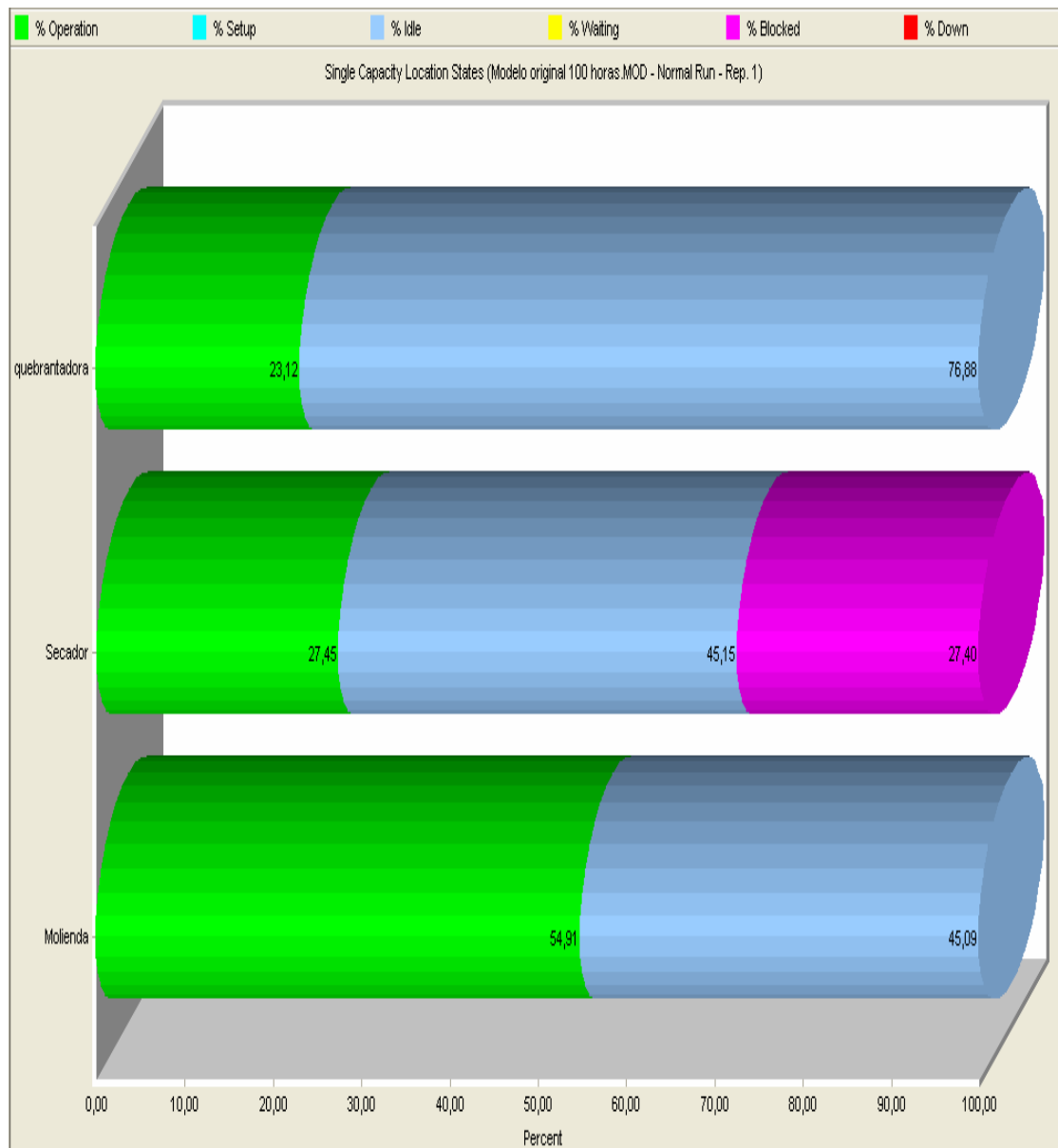
- La columna porcentaje en espera (% waiting) muestra el porcentaje de tiempo que la estación tuvo en espera de material para realizar su proceso.

- La columna % bloqueado (% Bloked) Indica el porcentaje de tiempo que la estación tuvo que esperar para que la siguiente estación quedara disponible.

Este problema solo se divide en la estación de secado, pues la molienda (siguiente estación) es mucho más lenta y retiene el material por más tiempo creando un

bloqueo de material en el secado. En el grafico 39 que a continuación se muestra se puede observar con mayor facilidad este problema.²

Figura 39. Bloqueo de material en el proceso de secado.



² ARAGON CH., Alexander – ARIAS C., Geovanny de J. Sección de laboratorios. Programa de ingeniería industrial. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. Cali, 2004. p. 26

- **Recursos.** Los recursos utilizados en la producción están reflejados en la tabla 25, donde se muestra los tiempos y porcentajes arrojados por la simulación.

Tabla 25. Recursos utilizados en la producción.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
	Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run)MOD (Normal Run - Rep. 1)										
	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization			
	1,00	100,00	1,00	6000,00	0,00	0,00	0,00	100,00			
	1,00	100,00	1013,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00			
	1,00	100,00	1012,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00			
	1,00	100,00	1012,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00			
	3,00	300,00	3037,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00			

Tabla 26. Porcentaje del estado de los recursos.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals
Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
retro	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Operario.1	100,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
Operario.2	100,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
Operario.3	100,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
Operario	300,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00

- La columna % en uso (% in use) indica el porcentaje de tiempo en que los operarios y la retroexcavadora estuvieron transportando o procesando material.

Si observamos la tabla 26 podemos notar que la retroexcavadora esta ocupada el 100% del tiempo de proceso, pues es la encargada de alimentar las estaciones con el material que deben procesar. También observamos que los operarios trabajan a un muy buen ritmo con un porcentaje del 93.98%.

- La columna % viajando para procesar (Travel to use) indica el porcentaje de tiempo que el recurso utilizo para desplazarse en el sistema con una meta definida.

- La columna % viajando para parqueo (% travel to park) indica el porcentaje de tiempo que el recurso utilizo para desplazarse buscando su nodo de inicio para esperar.

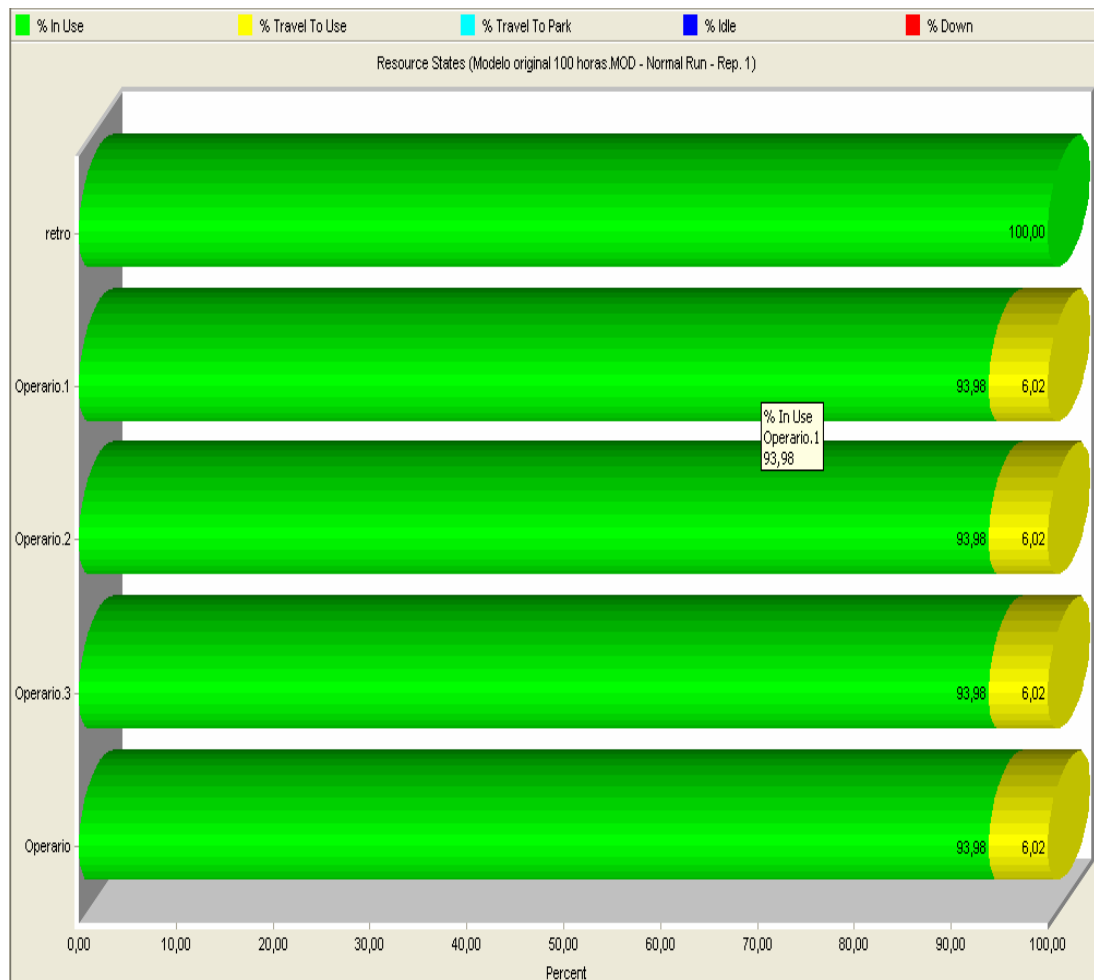
- La columna % disponible (% Idle) muestra el porcentaje de tiempo que el recurso tuvo disponible y sin usar.

Para completar:

En el grafico 40 podemos observar los porcentajes del estado de los recursos antes mencionados.³

³ ARAGON CH., Alexander – ARIAS C., Giovanni de J. Sección laboratorios. Programa de ingeniería industrial. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, 2004. p. 26

Figura 40. Estado de los recursos.



- **Actividad de los materiales.** Nos muestra los tiempos promedio que los materiales permanecieron en el sistema, en movimiento (transito de materiales), en espera (por un recurso u otro material), en operación y bloqueados (en espera a que la siguiente estación este disponible).

Tabla 27. Actividad de las entidades.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Entity Activity	Entity States	Variables	
Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)						I Run - Rep. 1)						
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)					
BentonitaVirgen	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00
BentonitaA1	756000,00	908998,00	3166,51	23,48	165,23	0,58	2977,22					
OrdenTrabajo	31,00	26,00	1875,84	0,00	1690,75	0,00	185,09					
QuimicoA1 50grs	1564500,00	2,00	58,48	0,00	0,00	0,00	58,48					
BentonitaA2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
QuimicoA2 25grs	1647175,00	2,00	54,44	0,00	0,00	0,00	54,44					
Arsicol	1449950,00	253149,00	2292,50	23,06	198,60	0,16	2070,68					
Bulto Arsicol	28999,00	5402,00	489,76	22,55	198,59	0,16	268,47					
Pala	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					

- En la columna total salidas (Total exits) se muestra la cantidad de material que salio del sistema, incluyendo los que fueron “unidos” a otros materiales.

Entonces decimos que 28.999 bultos de arcicol que equivalen a un total de 1.449.950 Kg., fueron evacuados del sistema.

- En la columna cantidad actual en el sistema (current quantity in system) muestra cuanto material quedo dentro del sistema.

Si observamos la tabla podemos ver que en el sistema quedaron 5.402 bultos de arcicol que equivalen a un total de 270.100 Kg. de arcicol.

Hay que detallar en esta tabla, que el tiempo promedio de ciclo incluye todos los tiempos: tiempo en movimiento, tiempo en operación y tiempo en que el material estuvo bloqueado. Así que el tiempo de ciclo abarca desde el momento en que la materia prima sale desde los patios hasta que el producto ya procesado sale hacia la bodega de producto terminado.

Entonces se dice que el tiempo promedio de ciclo del proceso total en 100 horas fue de 489.76 minutos.

- **Estado de las entidades.** En la tabla 29 podemos apreciar los nombres dados a las entidades que se crearon para poder diferencia los cambios que la materia prima (bentonita) va obteniendo a medida que se realiza el proceso productivo y también los nombres de las locaciones donde ocurren dichos cambios.

Tabla 28. Estado de las entidades.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States
Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	% In Move Logic	% Waiting	% In Operation	% Blocked				
BentonitaVirgen	0,00	0,00	0,00	0,00				
BentonitaA1	0,74	5,22	0,02	94,02				
OrdenTrabajo	0,00	90,13	0,00	9,87				
QuimicoA1 50grs	0,00	0,00	0,00	100,00				
BentonitaA2	0,00	0,00	0,00	0,00				
QuimicoA2 25grs	0,00	0,00	0,00	100,00				
Arsicol	1,01	8,66	0,01	90,32				
Bulto Arsicol	4,60	40,55	0,03	54,82				
Pala	0,00	0,00	0,00	0,00				

En la columna llamada % bloqueado se muestra que la cantidad de químico A1 y químico A2 constantemente esta a disposición de la producción, pues las tolvas de alimentación de dichos químicos se mantienen llenas todo el tiempo.

- **Variables.** Son como contadores de tiempo y cantidad que se encuentran dentro del sistema de manufactura simulado.

Tabla 29. Variables.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
Modelo original 100 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value			
salen	3129,00	1,92	32,00	3161,00	3161,00	1596,47			
semaforo	330,00	18,14	0,00	1,00	1,00	0,97			
tiempo	10,00	594,03	10,00	110,00	110,00	55,99			
cantidad P	31,00	183,16	33872,00	180805,00	118278,00	101757,11			

- En la columna de cambios totales (total changes), Se declara un contador de cantidades para poder determinar cuanto material entro a una estación o locacion. En este caso podemos ver la variable denominada “salen”, que nos indica cuanto material paso por la quebrantadora dándonos un total de 3.129 paladas de 500 Kg., que equivalen a 1.564.500 Kg., de bentonita virgen para ser procesada.

También obtenemos la variable llamada semáforo que nos indica el total de material que contienen los lotes almacenados en la bodega de añejamiento y tienen una cantidad de 330 paladas de 500 Kg., que equivalen a 165.000 Kg. de bentonita A1.

El tiempo es el tiempo que se labora por día en la organización. Entonces decimos que al día se trabajan 10 horas.

Cantidad P es una variable que define las órdenes de pedido que le entraron al sistema. Estas ordenes están dadas por una distribución con el software Stat fit, por consiguiente, podemos decir que solo 31 ordenes ingresaron realmente al sistema.

- En la columna tiempo promedio por cada cambio (average time per change (min)), podemos ver el tiempo promedio en minutos que se demora cada cambio que se dio en cada una de las variables.

5.3.3 Resumen de los problemas encontrados en la organización.

Tiempo ocioso en la tolva de alimentación de la quebrantadora por desplazamiento muy largo de la retroexcavadora a los procesos que debe alimentar.

Mayor demanda de la que se puede procesar en un tiempo determinado.

La capacidad de la bodega de añejamiento sin aprovechamiento.

Exceso de almacenamientos temporales que dificultan las operaciones normales de producción.

Transporte muy rudimentario para llevar el producto a la bodega de producto terminado y lentitud a la hora de apilar los sacos de producto terminado, pues se hace manualmente por tres operarios, acumulándose en la zona de empaque varios bultos, dificultando el transito de los operarios.

Carencia de un pronóstico de demanda para el 2007 año, pues la producción se programa semanalmente por datos históricos de las ventas de 3 meses atrás.

Débil control de inventarios de producto en proceso.

Un fuerte bloqueo en el proceso de secado por exceso de material en la molienda.

La retroexcavadora no tiene la suficiente capacidad para aumentar el tránsito del material a las tolvas de alimentación del proceso productivo.

El tiempo definido para la producción del Arsicol no es correcto y tiene una mala distribución, además es muy corto teniendo en cuenta que es el producto estrella de la organización.

La capacidad de la zona de empaque es muy limitada.

6. PROPUESTA DE LOS MODELOS DE MEJORA

6.1 MODELO DE MEJORA No. 1

6.1.1 Modelo 160 horas. El modelo 160 horas es la primera propuesta de mejora que se analizara con el software promodel, para ver los cambios que se pueden dar al modificar el turno laboral que se maneja dentro de la organización.

La propuesta se trata de crear dos turnos laborales por día, es decir 16 horas diarias de trabajo en la planta de producción. El primer turno del día iniciaría a las 6:00 de la mañana y terminaría a las 2:00 de la tarde; el segundo turno iniciaría a las 2:00 de la tarde y terminaría a las 10:00 de la noche, así no se incurriría en recargos nocturnos y tampoco se trabajara los fines de semana como actualmente ocurre.

- **Simulación con el promodel.** A continuación se muestra los datos obtenidos en la simulación de las 160 horas de trabajo sin alterar ninguna de las condiciones de la producción que se manejan actualmente.

Tabla 30. Tiempo de simulación para el modelo de mejora 160 horas.

Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD (Normal Run - Rep. 1)	
Name	Value
Run Date/Time	10/03/2007 04:39:59 p.m.
Model Title	VENTOGEL
Model Path/File	C:\Documents and Settings\cavelandia\Escritorio\Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD
Warmup Time (HR)	1
Simulation Time (HR)	160

- **Locaciones.** Si comparamos la tabla 31 con la tabla 20, podemos ver el aumento notorio que hubo en la producción para esas dos semanas.

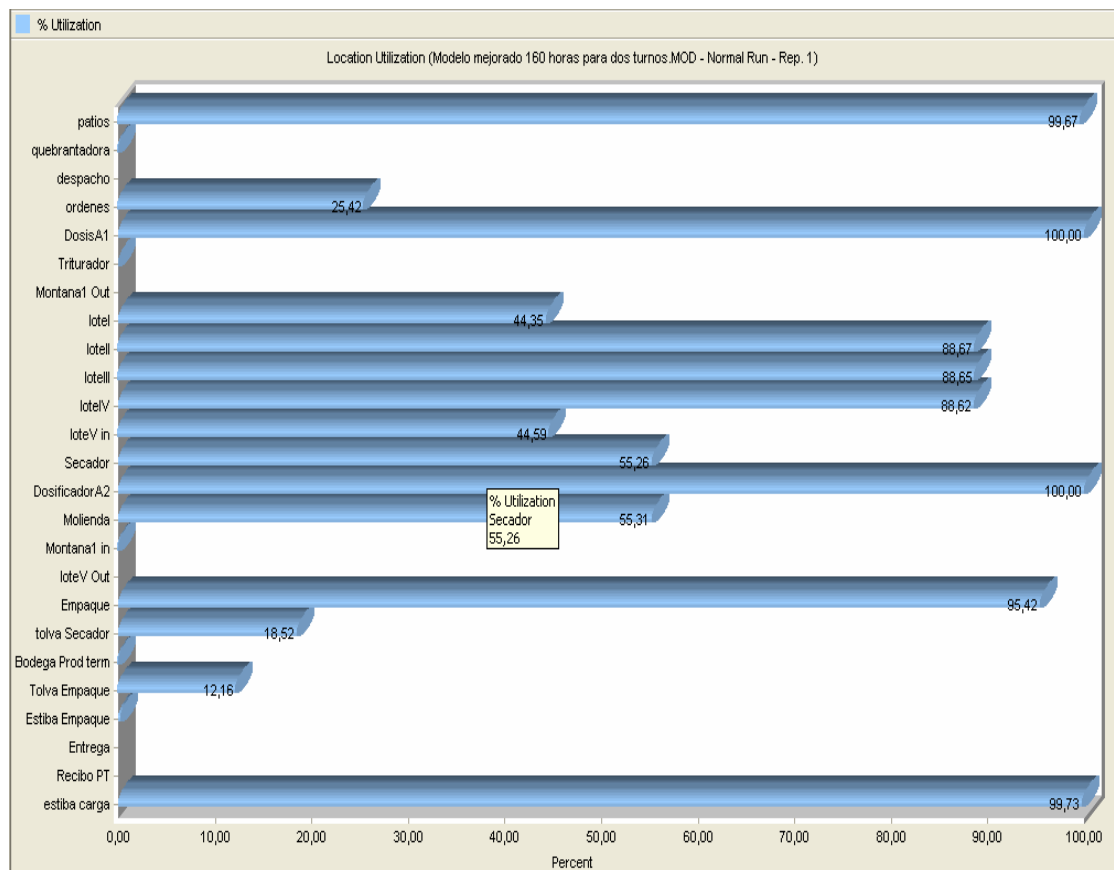
Tabla 31. Locaciones del modelo mejorado 160 horas.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
patios	160,00	100,00	5156,00	185,58	99,67	100,00	100,00	99,67	
quebrantadora	160,00	1,00	5056,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,11	
despacho	160,00	10,00	5102,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
ordenes	160,00	100,00	87,00	2805,04	25,42	42,00	41,00	25,42	
DosisA1	160,00	2,00	255,00	75,29	2,00	2,00	2,00	100,00	
Triturador	160,00	600,00	2528000,00	0,00	0,01	500,00	0,00	0,00	
Montana1 Out	160,00	600,00	5322,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
lotel	160,00	600,00	5355,00	477,05	266,10	533,00	33,00	44,35	
lotelI	160,00	600,00	5852,00	872,75	532,01	533,00	532,00	88,67	
lotelII	160,00	600,00	5850,00	872,87	531,91	533,00	531,00	88,65	
lotelV	160,00	600,00	5849,00	872,70	531,71	533,00	532,00	88,62	
lotelV in	160,00	600,00	5814,00	441,76	267,54	537,00	504,00	44,59	
Secador	160,00	1,00	2654786,00	0,00	0,55	1,00	1,00	55,26	
DosificadorA2	160,00	2,00	268,00	71,64	2,00	2,00	2,00	100,00	
Molienda	160,00	1,00	2654786,00	0,00	0,55	1,00	1,00	55,31	
Montana1 in	160,00	200000,00	2661375,00	1,11	307,43	975,00	375,00	0,15	
lotelV Out	160,00	500,00	5310,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Empaque	160,00	50,00	2718685,00	0,17	47,71	50,00	35,00	95,42	
tolva Secador	160,00	3,00	5311,00	1,00	0,56	2,00	1,00	18,52	
Bodega Prod term	160,00	999999,00	48840,00	273,48	1391,32	6594,00	433,00	0,14	
Tolva Empaque	160,00	1000,00	2718635,00	0,43	121,63	484,00	0,00	12,16	
Estiba Empaque	160,00	999999,00	54382,00	499,50	2829,55	5752,00	5742,00	0,28	
Entrega	160,00	999999,00	48407,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Recibo PT	160,00	100,00	4857,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
estiba carga	160,00	10,00	4868,00	19,67	9,97	10,00	10,00	99,73	

En esta tabla podemos observar que en un tiempo de 160 horas se logro producir un total de 2.719.100 Kg., (54.382 bultos) + 287.100 (5.742 bultos) para un total de 3.006.200 Kg. que equivale a un 62% mas de producto terminado. Esta cantidad alcanzaría para satisfacer la demanda de producción que hubo para el mes de agosto del año 2006 que ha sido el mes mas critico que ha tenido Bentonitas colombianas LTDA en toda su trayectoria, además solo se utilizaron las dos semanas que normalmente están dispuestas para la producción de Arcicol.

Vale la pena aclarar que al crear dos turnos de trabajo, hay que duplicar la cantidad de material en la bodega de añejamiento, aprovechando la capacidad que tiene la bodega (3000 toneladas), entonces la cantidad de bentonita añejada que se utilizo ya no fue de 3.625 paladas de 500 Kg., que equivalen a 1.812.500 Kg. si no que fue un total de 5.850 paladas que equivalen a un total de 2.925.000 Kg. Por tal razón vemos que en el grafico 41 el porcentaje de utilización de los lotes aumento a mas del doble.

Figura 41. Porcentajes de utilización de las locaciones para el modelo 160 horas.



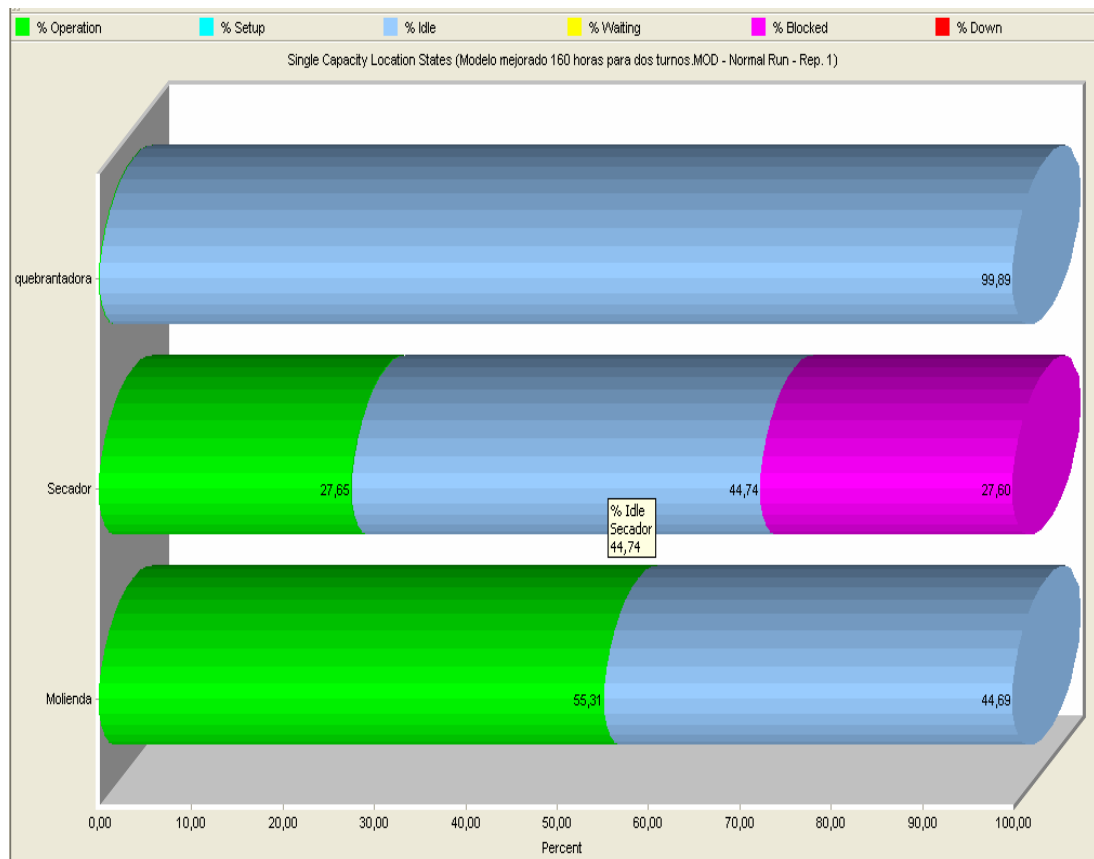
- **Porcentajes de operación.** A pesar del aumento de la producción, el problema del bloqueo en el secador persiste, ya que la molienda sigue estando en las mismas condiciones de lentitud, por lo tanto no se nota mejoría.

Tabla 32. Porcentajes de operación para el modelo mejorado 160 horas.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	
Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
quebrantadora	160,00	0,11	0,00	99,89	0,00	0,00	0,00
Secador	160,00	27,65	0,00	44,74	0,01	27,60	0,00
Molienda	160,00	55,31	0,00	44,69	0,00	0,00	0,00

También podemos notar que el porcentaje de tiempo en que la estación no contó con material para procesar aumento de un 76.88 % a un 99.89 %, demostrando que en la parte de la quebrantacion y la trituration no hay ningún tipo de problema, pues es muy rápido y constante. Sin embargo, si en un futuro se quisiera producir mas material para añejamiento, el único inconveniente seria que hay que aumentar la capacidad de alimentación de la tolva de la quebrantadora, pero esto se estudiara en el siguiente modelo de mejora.

Figura 42. Porcentaje de bloque en el modelo mejorado 160 horas.



- **Recursos.** Los recursos también deben de ser duplicados, contratando otro grupo de operarios que trabajen para el segundo turno. Sin embargo las condiciones laborales seguirían siendo las mismas, desarrollando las mismas labores.

Tabla 33. Recursos utilizados en la producción para el modelo mejorado 160 horas.

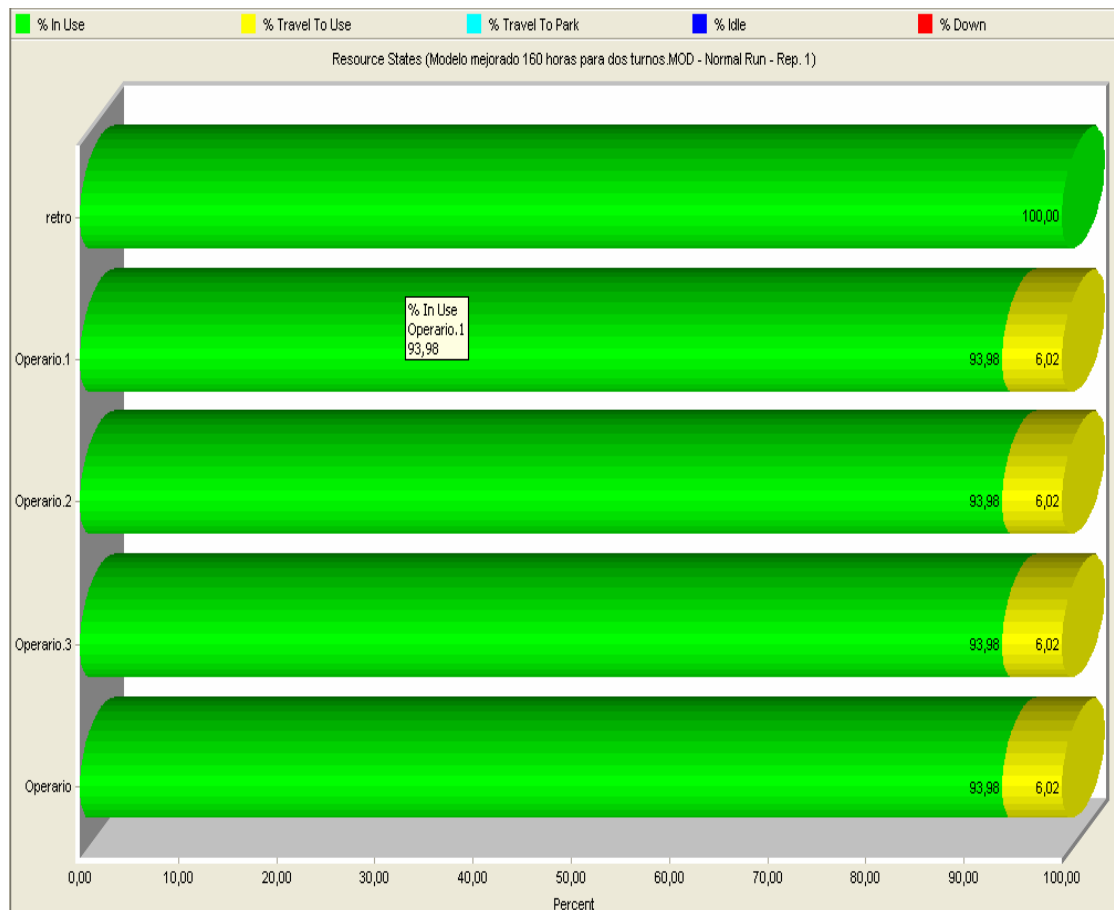
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity	Entity Activity	Entity States	Variables
	Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD (NMOD (Normal Run - Rep. 1)									
	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization		
	1,00	160,00	1,00	9600,00	0,00	0,00	0,00	100,		
	1,00	160,00	1620,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,		
	1,00	160,00	1620,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,		
	1,00	160,00	1619,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,		
	3,00	480,00	4859,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,		

Tabla 34. Porcentaje del estado de los recursos para el modelo mejorado 160 horas.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arriv	
	Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
	Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
	retro	160,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Operario.1	160,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.2	160,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.3	160,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario	480,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00

Como se puede observar no hay cambios drásticos en los recursos.

Figura 43. Estado de los recursos para el modelo mejorado 160 horas.



- **Estados de las entidades.** En la tabla 35 se puede observar que el bloqueo de las ordenes de trabajo disminuyo de un 9.87% a un 6.25%, logrando cumplir mas ordenes que en el modelo original.

Tabla 35. Estados de las entidades para modelo mejorado 160 horas.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States
Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	% In Move Logic	% Waiting	% In Operation	% Blocked				
BentonitaVirgen	0,00	0,00	0,00	0,00				
BentonitaA1	0,47	5,67	0,00	93,85				
OrdenTrabajo	0,00	93,75	0,00	6,25				
QuimicoA1	0,00	0,00	0,00	100,00				
BentonitaA2	0,00	0,00	0,00	0,00				
QuimicoA2	0,00	0,00	0,00	100,00				
Arsicol	0,63	7,47	0,00	91,90				
Bulto Arsicol	2,88	35,08	0,02	62,02				
Pala	0,00	0,00	0,00	0,00				

-Variables. En la columna de los cambios totales de la tabla 36 podemos determinar que esta vez entraron mas unidades de 500 Kg., a quebrantacion siendo un total de 5.056 veces, 1927 mas que en el modelo original.

También notamos que la cantidad de material que hay en los lotes de añejamiento ya no es de 330 paladas de 500 Kg. que equivalían a 165.000 Kg., ahora son de 532 paladas que equivalen a 266.000 Kg.

Tabla 36. Variables del modelo mejorado 160 horas.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
Modelo mejorado 160 horas para dos turnos.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value			
salen	5056,00	1,90	32,00	5088,00	5088,00	2561,41			
semaforo	532,00	18,00	0,00	1,00	1,00	0,96			
tiempo	10,00	954,07	16,00	176,00	176,00	88,99			
cantidad P	46,00	206,83	31993,00	329693,00	43780,00	139278,20			

6.2 MODELO DE MEJORA No. 2

6.2.1 Modelo 7 operarios. En este modelo se realizan cuatro cambios básicos:

El primero se trata de la capacidad que tiene la retroexcavadora en la pala que recoge para alimentar las tolvas del proceso. La pala del modelo original (la que actualmente se utiliza) es de 500 Kg. Al analizar detalladamente la labor que cumple dicha maquina, podemos ver que básicamente de ella depende la cantidad de material que se procesa al día dentro de la planta. Así que se decidió cambiar la retroexcavadora actual por una con una capacidad de 880 Kg.

El segundo cambio que se realizo fue implementar una nueva molienda al proceso, es decir que ya no dependiera de una sola molienda si no de dos, para agilizar el proceso y evitar el bloqueo que se presenta actualmente. También es un cambio que le dará más capacidad al proceso productivo en general, pues la molienda es el proceso más lento que tiene la planta en este momento.

El tercer cambio es la cantidad de operarios que se utilizan en la zona de empaque, pues la saturación de esta zona nos indica la lentitud con la que se mueve los procesos de almacenamiento. Por esta razón y además para crear coherencia con los anteriores cambio se introdujeron 4 operarios mas al proceso.

El cuarto y último cambio es el tiempo de procesamiento que se manejara, pues ya no se trabajara con un tiempo de 100 horas, tiempo que actualmente se maneja, si no que se utilizaran 90 horas (turnos de 9 horas diarias).

- Simulación con el promodel. A continuación se muestran los datos obtenidos en la simulación del modelo de mejora 7 operarios.

Tabla 37. Tiempo de simulación para el modelo de mejora 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Value					
Run Date/Time	08/03/2007 05:14:14 p.m.					
Model Title	VENTOGEL					
Model Path/File	C:\Documents and Settings\cavelandia\Mis documentos\FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD					
Warmup Time (HR)	1					
Simulation Time (HR)	90					

- **Locaciones.** Haciendo la comparación con el modelo original (tabla 20) y el primer modelo mejorado (tabla 31) vemos dos cambios significativos.

El primero es el aumento en la producción y el segundo que el material que se quedo en el sistema es de 2 bultos, logrando demostrar que el material fue prácticamente evacuado en su totalidad.

La producción para este modelo fue de 60.922 bultos + 2 bultos que se quedaron en el sistema, para una totalidad equivalente a 3.046.200 Kg., de producto terminado.

Tabla 38. Locaciones modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables	
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization		
patios	90,00	100,00	3317,00	162,07	99,55	100,00	100,00	99,55		
quebrantadora	90,00	1,00	3218,00	0,44	0,26	1,00	0,00	26,43		
despacho	90,00	10,00	3232,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
ordenes	90,00	100,00	84,00	431,11	6,71	14,00	9,00	6,71		
DosisA1	90,00	2,00	285,00	37,89	2,00	2,00	2,00	100,00		
Triturador	90,00	500,00	2831840,00	0,00	0,02	500,00	0,00	0,00		
Montana1 Out	90,00	500,00	3388,00	0,20	0,13	1,00	0,00	0,03		
lotel	90,00	500,00	3425,00	296,81	188,25	378,00	37,00	37,65		
lotell	90,00	500,00	3763,00	540,06	376,34	378,00	376,00	75,27		
lotelll	90,00	500,00	3762,00	539,90	376,13	378,00	377,00	75,23		
lotelV	90,00	500,00	3760,00	540,02	376,01	378,00	376,00	75,20		
lotelV in	90,00	500,00	3722,00	273,36	188,41	379,00	341,00	37,68		
Secador	90,00	1,00	2974580,00	0,00	0,55	1,00	0,00	55,08		
DosificadorA2	90,00	2,00	299,00	36,12	2,00	2,00	2,00	100,00		
Molienda.1	90,00	1,00	1487291,00	0,00	0,55	1,00	0,00	55,08		
Molienda.2	90,00	1,00	1487291,00	0,00	0,55	1,00	0,00	55,08		
Molienda	180,00	2,00	2974582,00	0,00	0,55	2,00	0,00	55,08		
Montana1 in	90,00	200000,00	2981660,00	0,80	441,33	968,00	220,00	0,22		
lotelV Out	90,00	500,00	3381,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
Empaque	90,00	50,00	1528400,00	0,17	46,76	50,00	50,00	93,53		
tolva Secador	90,00	2,00	3381,00	0,89	0,56	2,00	0,00	27,92		
Bodega Prod term	90,00	999999,00	61500,00	72,01	820,09	2612,00	58,00	0,08		
Tolva Empaque	90,00	1000,00	3045817,00	0,36	204,06	820,00	17,00	20,41		
Empaque II	90,00	50,00	1517500,00	0,16	45,94	50,00	50,00	91,88		
Estiba Empaque	90,00	999999,00	60922,00	0,40	4,49	10,00	2,00	0,00		
Entrega	90,00	999999,00	61442,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
Recibo PT	90,00	100,00	6091,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		
estiba carga	90,00	10,00	6094,00	2,56	2,89	4,00	3,00	28,87		

Figura 44. Porcentajes de utilización de las locaciones del modelo mejorado 7 operarios.

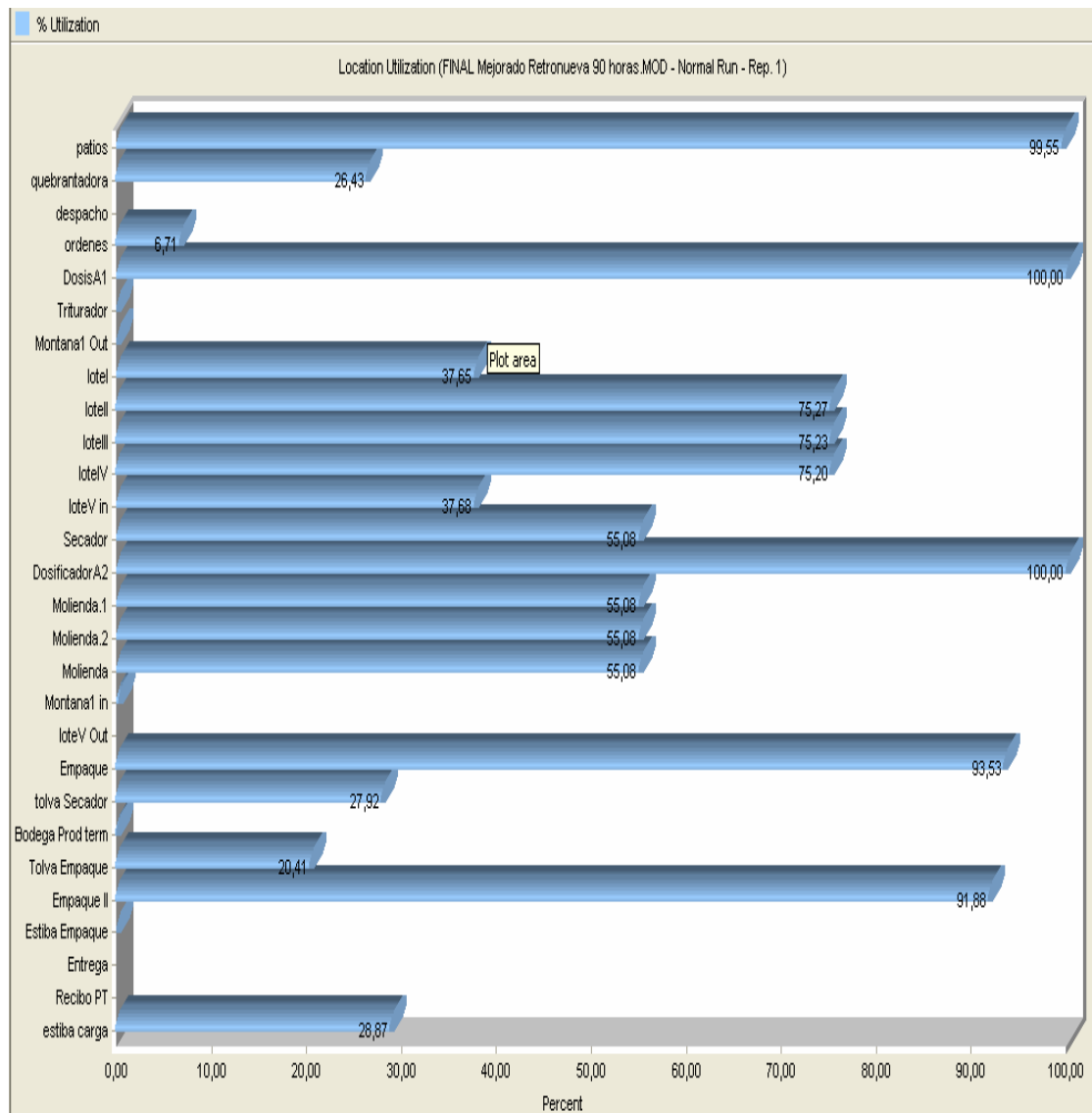


Tabla 39. Porcentajes ocupación de las locaciones para el modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (HR)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
patios	90,00	0,00	1,65	98,35	0,00
despacho	90,00	100,00	0,00	0,00	0,00
ordenes	90,00	3,45	96,55	0,00	0,00
DosisA1	90,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Triturador	90,00	99,94	0,06	0,00	0,00
Montana1 Out	90,00	87,33	12,67	0,00	0,00
lotel	90,00	0,11	99,89	0,00	0,00
lotell	90,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelll	90,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelV	90,00	0,00	100,00	0,00	0,00
loteV in	90,00	0,19	99,81	0,00	0,00
DosificadorA2	90,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Montana1 in	90,00	0,71	99,29	0,00	0,00
loteV Out	90,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Empaque	90,00	2,72	7,88	89,41	0,00
tolva Secador	90,00	44,97	54,21	0,82	0,00
Bodega Prod term	90,00	0,04	99,96	0,00	0,00
Tolva Empaque	90,00	13,47	86,53	0,00	0,00
Empaque II	90,00	5,47	5,70	88,84	0,00
Estiba Empaque	90,00	10,13	89,87	0,00	0,00
Entrega	90,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Recibo PT	90,00	100,00	0,00	0,00	0,00
estiba carga	90,00	0,03	99,97	0,00	0,00

- Porcentajes de operación. Esta vez se hará la comparación con la tabla 24 del modelo original.

El cambio más significativo que obtenemos es que el bloqueo en el secador a causa de la lentitud con que la molienda trabaja desapareció del todo, demostrando que el aumento de la segunda molienda surtió el efecto esperado.

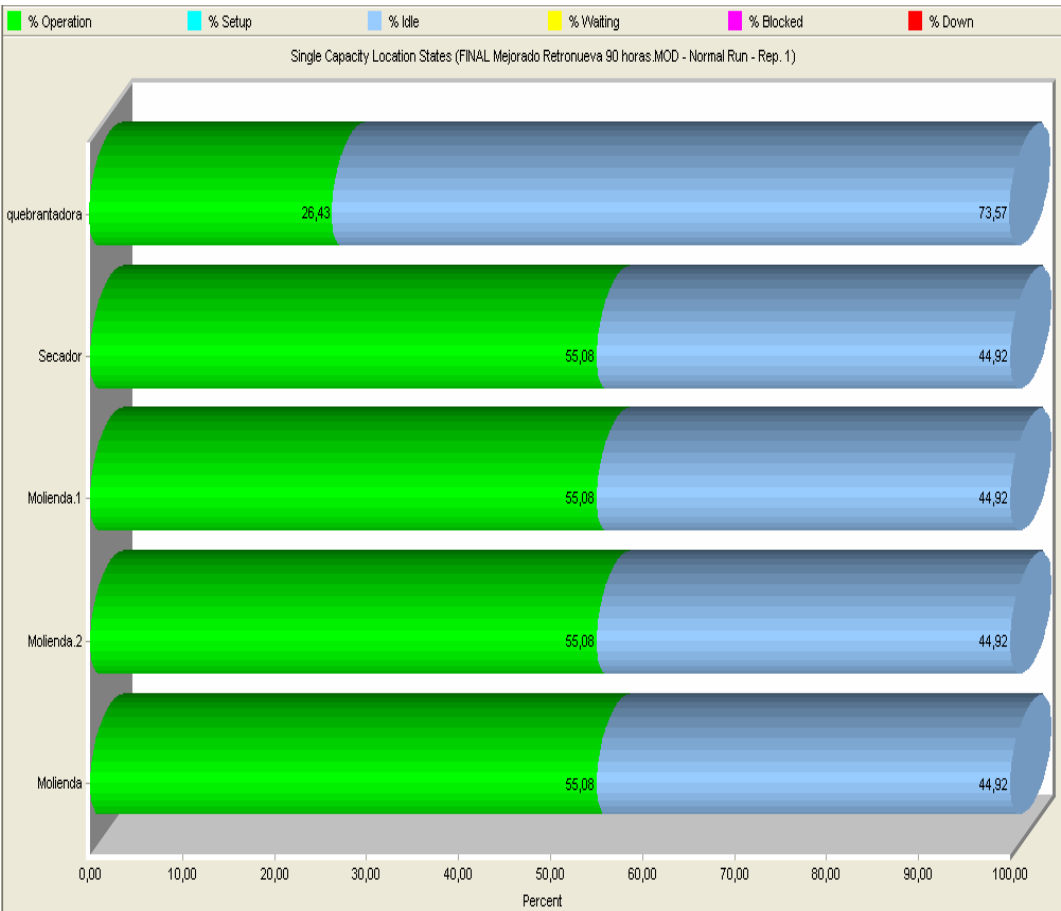
También se nota que las estaciones trabajaron mas, pues los porcentajes de operación aumentaron.

Tabla 40. Porcentajes de operación de las locaciones para el modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
quebrantadora	90,00	26,43	0,00	73,57	0,00	0,00	0,00
Secador	90,00	55,08	0,00	44,92	0,00	0,00	0,00
Molienda.1	90,00	55,08	0,00	44,92	0,00	0,00	0,00
Molienda.2	90,00	55,08	0,00	44,92	0,00	0,00	0,00
Molienda	180,00	55,08	0,00	44,92	0,00	0,00	0,00

En la figura 45 se aprecia con más claridad el desbloqueo que se dio en este modelo y como el proceso operativo esta más equilibrado sin saturarse.

Figura 45. Porcentajes de operación para el modelo mejorado 7 operarios



- **Recursos.** Los recursos utilizados en este modelo se muestran a continuación en la tabla 41, donde también se aprecia el aumento de los operarios para la zona de empaque.

Tabla 41. Recursos del modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables	riables
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization		
	1,00	90,00	1,00	5400,00	0,00	0,00	0,00	100,		
	1,00	90,00	872,00	5,57	0,03	0,36	0,00	90,		
	1,00	90,00	872,00	5,57	0,02	0,36	0,00	90,		
	1,00	90,00	871,00	5,57	0,02	0,36	0,00	90,		
	1,00	90,00	871,00	5,57	0,02	0,36	0,00	90,		
	1,00	90,00	871,00	5,57	0,02	0,36	0,00	90,		
	1,00	90,00	870,00	5,57	0,03	0,36	0,00	90,		
	1,00	90,00	868,00	5,57	0,02	0,36	0,00	89,		
	7,00	630,00	6095,00	5,57	0,02	0,36	0,00	90,		

- **Estado de los recursos.** En la tabla 42 si se denotan los 7 operarios que se están utilizando en este modelo, notándose que el tiempo que están en uso (laborando), es muy parejo y normal, y el tiempo que están desocupados es el tiempo de descanso al que tiene derecho todos los trabajadores por ley, así que ya no habría necesidad de reemplazarlos por los supervisores y descuidar otros procesos.

Tabla 42. Estado de los recursos para el modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arr	
	FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
	Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
	retro	90,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Operario.1	90,00	89,95	0,41	5,35	4,29	0,00
	Operario.2	90,00	89,91	0,37	5,39	4,33	0,00
	Operario.3	90,00	89,86	0,39	5,36	4,39	0,00
	Operario.4	90,00	89,79	0,39	5,37	4,45	0,00
	Operario.5	90,00	89,77	0,40	5,36	4,48	0,00
	Operario.6	90,00	89,67	0,42	5,33	4,59	0,00
	Operario.7	90,00	89,55	0,38	5,36	4,71	0,00
	Operario	630,00	89,79	0,39	5,36	4,46	0,00

Figura 46. Estados de los recursos para el modelo mejorado 7 operarios.



- **Actividad de los materiales.** Nos muestra los tiempos promedio que los materiales permanecieron en el sistema, en movimiento (transito de materiales), en espera (por un recurso u otro material), en operación y bloqueados (en espera a que la siguiente estación este disponible).

Tabla 43. Actividad de las entidades para el modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity Activity	Entity States	Variables	
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Normal Run - Rep. 1)											
	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)			Avg Time In Operation (MIN)		Avg Time Blocked (MIN)	
	0,00	100,00	0,00		0,00			0,00		0,00	
	1680800,00	1334928,00	2633,75	6,18	73,07			0,58		2553,91	
	75,00	9,00	477,24	0,00	406,98			0,00		70,25	
	2831840,00	2,00	28,66	0,00	0,00			0,00		28,66	
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00		0,00	
	2974580,00	2,00	27,28	0,00	0,00			0,00		27,28	
	3072100,00	6619,00	1909,45	6,07	72,73			0,16		1830,49	
	61442,00	137,00	78,51	5,63	72,72			0,16		0,00	
	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00			0,00		0,00	

El tiempo promedio de ciclo del proceso total de 90 horas fue de 1909.45 minutos para el arcicol y 78.51 minutos para los bultos de arcicol, notándose una disminución considerable.

Tabla 44. Estados de las entidades para el modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	% In Move Logic	% Waiting	% In Operation	% Blocked				
BentonitaVirgen	0,00	0,00	0,00	0,00				
BentonitaA1	0,23	2,77	0,02	96,97				
OrdenTrabajo	0,00	85,28	0,00	14,72				
QuimicoA1 50	0,00	0,00	0,00	100,00				
BentonitaA2	0,00	0,00	0,00	0,00				
QuimicoA2 25	0,00	0,00	0,00	100,00				
Arsicol	0,32	3,81	0,01	95,86				
Bulto Arsicol	7,17	92,63	0,20	0,00				
Pala	0,00	0,00	0,00	0,00				

- **Variables.** En la tabla 45 vemos las variables que se utilizaron para el modelo mejorado 7 operarios.

Tabla 45. Variables del modelo mejorado 7 operarios.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
FINAL Mejorado Retronueva 90 horas.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value			
salen	3218,00	1,68	36,00	3254,00	3254,00	1645,43			
semaforo	340,00	15,86	0,00	1,00	1,00	0,97			
tiempo	9,00	593,49	10,00	100,00	100,00	50,98			
cantidad P	75,00	71,94	26193,00	133701,00	133701,00	82263,75			

Vemos que ya el tiempo laborado por día no es de 10 horas si no de 9 horas.

En cantidad P vemos que en este modelo fueron atendidos 75 órdenes en el sistema.

6.3 MODELO MEJORADO IDEAL

6.3.1 Modelo Ideal. Con este modelo se pretende dar a conocer el potencial de producción que podría tener la organización en un futuro.

El modelo consta de una retroexcavadora con una capacidad en la pala de 2.500 Kg., un aumento de material en la bodega de añejamiento que equivale a 5 montones de 194 unidades de 2.500 Kg., que sería igual a 485.000 Kg. por montón de material.

Otro cambio que se daría sería duplicar la capacidad del proceso de molienda, lo cual balancearía la línea de producción y evitaría el bloqueo en la zona de secado.

Al realizarse esta modificación se crearía un impacto en la zona de empaque, por tal razón es necesario la creación de 3 nuevas zonas de empaque y por ende el número de operarios se eleva a 8 adicionales.

Este modelo optimizaría la producción en un 46 % más que el original y utilizando solo una semana con una jornada laboral de 8 horas diarias.

- **Modelo ideal.** El tiempo simulado es de 40 horas que equivalen a una semana de un turno de 8 horas por día, esto se puede apreciar en la tabla 46.

Tabla 46. Tiempo de corrido del modelo ideal.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity
FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Value						
Run Date/Time	13/03/2007 02:12:57 p.m.						
Model Title	VENTOGEL						
Model Path/File	C:\Documents and Settings\cavelandia\Mis documentos\FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD						
Warmup Time (HR)	1						
Simulation Time (HR)	40						

- Locaciones.

Tabla 47. Locaciones del modelo ideal.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
patios	40,00	100,00	1012,00	231,63	97,67	100,00	100,00	97,67	
quebrantadora	40,00	1,00	913,00	0,44	0,17	1,00	1,00	16,85	
despacho	40,00	10,00	960,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
ordenes	40,00	100,00	83,00	662,64	22,92	35,00	35,00	22,92	
DosisA1	40,00	2,00	230,00	20,87	2,00	2,00	2,00	100,00	
Triturador	40,00	2500,00	2280000,00	0,00	0,04	2500,00	0,00	0,00	
Montana1 Out	40,00	2500,00	960,00	0,13	0,05	1,00	0,00	0,00	
lotel	40,00	250,00	985,00	235,35	96,59	194,00	23,00	38,64	
lotell	40,00	250,00	1156,00	400,18	192,75	194,00	192,00	77,10	
lotelll	40,00	250,00	1158,00	400,32	193,15	194,00	192,00	77,26	
lotelV	40,00	250,00	1160,00	400,45	193,55	194,00	192,00	77,42	
lotelV in	40,00	250,00	1137,00	211,32	100,11	200,00	177,00	40,04	
Secador	40,00	1,00	2400002,00	0,00	1,00	1,00	1,00	100,00	
DosificadorA2	40,00	2,00	242,00	19,83	2,00	2,00	2,00	100,00	
Molienda.1	40,00	1,00	1200002,00	0,00	1,00	1,00	1,00	100,00	
Molienda.2	40,00	1,00	1200001,00	0,00	1,00	1,00	1,00	100,00	
Molienda	80,00	2,00	2400003,00	0,00	1,00	2,00	2,00	100,00	
Montana1 in	40,00	200000,00	2400625,00	1,22	1216,71	2500,00	625,00	0,61	
lotelV Out	40,00	200,00	960,00	0,68	0,27	1,00	0,00	0,14	
Empaque III	40,00	50,00	609600,00	0,18	45,94	50,00	50,00	91,87	
Empaque IV	40,00	50,00	584000,00	0,19	45,69	50,00	50,00	91,38	
Empaque	40,00	50,00	637750,00	0,18	46,65	50,00	50,00	93,31	
tolva Secador	40,00	2,00	962,00	4,63	1,86	2,00	2,00	92,82	
Bodega Prod term	40,00	999999,00	44788,00	54,04	1008,51	3450,00	2235,00	0,10	
Tolva Empaque	40,00	1000,00	2457601,00	0,01	8,26	175,00	27,00	0,83	
Empaque II	40,00	50,00	626400,00	0,18	46,30	50,00	50,00	92,59	
Estiba Empaque	40,00	999999,00	49215,00	115,60	2370,59	4692,00	4685,00	0,24	
Entrega	40,00	999999,00	42553,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Recibo PT	40,00	100,00	4453,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
estiba carga	40,00	10,00	4463,00	5,38	10,00	10,00	10,00	100,00	

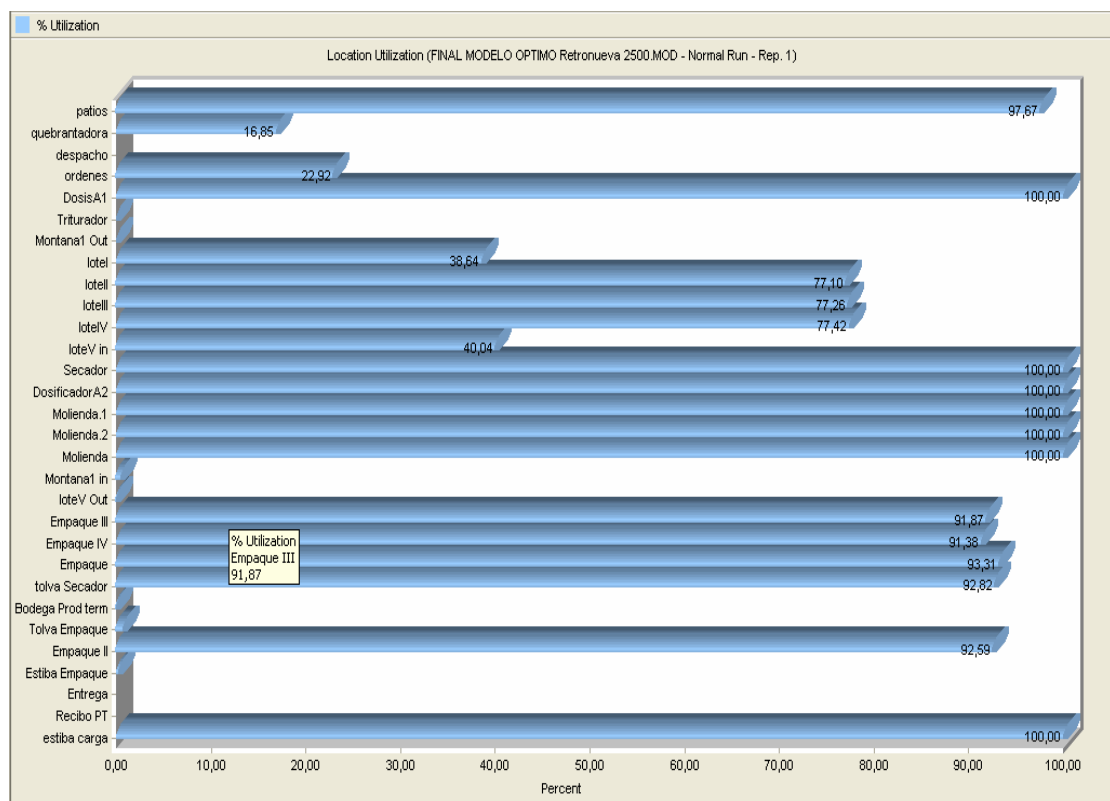
En la tabla 47 podemos analizar el comportamiento de los cambios sugeridos, las dos molindas trabajan a la par procesando 1.200.000 kg. en las 40 horas propuestas.

El comportamiento de las cuatro zonas de empaque funcionan de una manera sincronizada, el porcentaje de utilización mantiene un comportamiento de 93%.

La locación estiva empaque presenta las cantidad de bultos que se realizaron en la semana propuesta. Equivalente a 49.215 + 4.685 para un total de 53.900 bultos de Arcicol, que en kilogramos serian 2.695.000.

Comparando la tabla 20 con la tabla del modelo original con la tabla 47 del modelo ideal notamos que la producción aumento en un 46% en tan solo una semana.

Figura 47. Grafico de la utilización de las locaciones para el modelo ideal.



- **Estados de las locaciones.** A continuación se muestra los resultados obtenidos en la tabla 48.

Tabla 48. Estados de las locaciones para el modelo ideal.

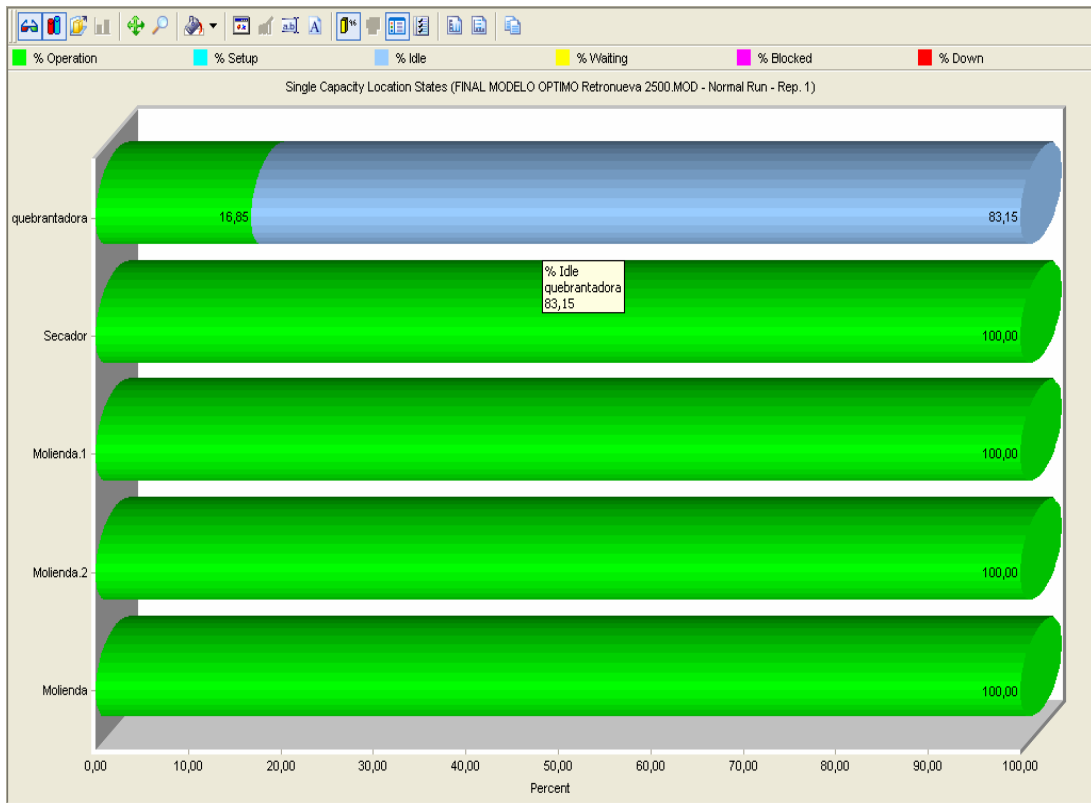
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource State
FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (HR)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
patios	40,00	0,00	7,08	92,92	0,00
despacho	40,00	100,00	0,00	0,00	0,00
ordenes	40,00	0,00	100,00	0,00	0,00
DosisA1	40,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Triturador	40,00	99,96	0,04	0,00	0,00
Montana1 Out	40,00	94,81	5,19	0,00	0,00
lotel	40,00	0,16	99,84	0,00	0,00
lotelI	40,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelII	40,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelV	40,00	0,00	100,00	0,00	0,00
lotelV in	40,00	0,06	99,94	0,00	0,00
DosificadorA2	40,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Montana1 in	40,00	0,29	99,71	0,00	0,00
lotelV Out	40,00	72,62	27,38	0,00	0,00
Empaque III	40,00	0,84	19,00	80,16	0,00
Empaque IV	40,00	1,04	22,21	76,76	0,00
Empaque	40,00	0,00	16,10	83,90	0,00
tolva Secador	40,00	0,00	14,36	85,64	0,00
Bodega Prod term	40,00	0,10	99,90	0,00	0,00
Tolva Empaque	40,00	65,20	34,80	0,00	0,00
Empaque II	40,00	0,44	17,15	82,40	0,00
Estiba Empaque	40,00	0,00	100,00	0,00	0,00
Entrega	40,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Recibo PT	40,00	100,00	0,00	0,00	0,00
estiba carga	40,00	0,00	0,00	100,00	0,00

- **Estados de las operaciones de las locaciones.** Al analizar la tabla 49 y comparándola con la tabla 24 del modelo original, observamos que la molienda ya no genera ningún tipo de bloqueo en el proceso del secado.

Tabla 49. Porcentajes de operación de las locaciones en el modelo ideal.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals		
	FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
	Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
	quebrantadora	40,00	16,85	0,00	83,15	0,00	0,00	0,00
	Secador	40,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Molienda.1	40,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Molienda.2	40,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Molienda	80,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 48. Grafico de los porcentajes de operación de las locaciones en el modelo ideal



En la figura 48 se observa claramente el balance de la línea de producción, debido a la implementación de la segunda molienda propuesta en este modelo.

- Recursos.

Tabla 50. Recursos del modelo ideal.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables	Variables
FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization		
	1,00	40,00	1,00	2400,00	0,00	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,56	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,56	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		
	1,00	40,00	406,00	5,56	0,36	0,00	0,00	100,00		
	11,00	440,00	4458,00	5,57	0,36	0,00	0,00	100,00		

En la tabla 50 se aprecia claramente el aumento del recurso operativo para el modelo ideal. También vemos que el porcentaje de utilización de los operarios esta al 100 %.

Tabla 51. Estados de los recursos del modelo ideal.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	
	FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
	Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
	retro	40,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Operario.1	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.2	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.3	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.4	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.5	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.6	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.7	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.8	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario.9	40,00	93,99	6,01	0,00	0,00	0,00
	Operario.10	40,00	93,99	6,01	0,00	0,00	0,00
	Operario.11	40,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00
	Operario	440,00	93,98	6,02	0,00	0,00	0,00

Figura 49. Grafico del estado de los recursos del modelo ideal.



- Variables.

Tabla 52. Variables del modelo ideal.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
FINAL MODELO OPTIMO Retronueva 2500.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value			
salen	912,00	2,63	24,00	936,00	936,00	480,62			
semaforo	96,00	24,86	0,00	1,00	1,00	0,97			
tiempo	5,00	468,48	8,00	48,00	48,00	24,96			
cantidad P	48,00	47,50	33447,00	172491,00	125853,00	101324,79			

Al comparar la tabla 29 del modelo original con la tabla 52 del modelo ideal, podemos observar el cambio de cantidad de material que entra a la quebrantadora. Aparentemente en el modelo ideal el número de salidas es menor. Pero cabe anotar que el valor representativo de la unidad son 2500 Kg. por unidad en contra posición de los 500 Kg. del modelo original.

7. CONCLUSIONES

Al finalizar este proyecto se concluye que el objetivo planteado de “Caracterizar y analizar el proceso productivo de la elaboración de productos derivados de la bentonita y proponer cambios que permitan mejorar el desempeño del proceso productivo”, se logro en base a la simulación realizada con el software Pro Model, donde se obtuvieron datos que conllevaran a la organización a la optimización del proceso productivo.

La falta de documentación con respecto al proceso productivo de la organización, se evaluó proponiendo la caracterización, donde se lograron obtener datos que nos permitieron elaborar un modelo que detallara cada paso dentro de la producción del Arcicol, el cual presentaba demoras en su procesamiento.

A través de la simulación del modelo original se presento inicialmente un diagnostico que determino los procesos críticos de la producción en general; es así como se llego al planteamiento de los modelos de mejora que contribuirán a disminuir el tiempo de respuesta al cliente, entregando el producto a tiempo.

Los mejoramientos llevados a cabo en el proceso productivo con la introducción de nuevas maquinas y recursos, conllevaran a la optimización en el flujo de la producción obtenida por medio de los modelos de mejora simulados, que impulsan a un mejoramiento continuo dentro de la organización.

Es necesario que la organización aplique los modelos de mejora propuestos en este proyecto, pues según los pronósticos realizados para el año 2007 la demanda del Arcicol aumentara considerablemente. Por tal razón amerita una acción inmediata para suplir dicha demanda.

El apoyo brindado por el gerente y de los involucrados en la organización en general, fue de gran importancia para dar inicio a la realización de este proyecto, respetando las condiciones que se nos comunicaron.

En los modelos de mejora el flujo del proceso productivo se plantea más equilibrado y eficiente, con un incremento en la capacidad de producción de la planta.

El ProModel es una excelente herramienta para dar solución a posibles cuellos de botella o para realizar cambios que se deseen dentro de cualquier tipo de empresa, sin tener la necesidad de realizar una inversión económica o de desestabilizar ningún procesos que pueda afectar las condiciones físicas que involucren estancamientos o fallas. El ProModel analiza los tiempos de procesamiento de maquinas, operarios y procesos en general, modificaciones dadas al modelo inicial, costos de implementación etc., logrando crear respuestas con modelos ideales que conlleven al mejoramiento.

8. RECOMENDACIONES

Sugerencia 1. Se debe realizar un análisis de costos de cada uno de los modelos de mejora propuestos, para llegar a analizar cual es más factible de implementar de inmediato dentro de la organización.

Sugerencia 2. Se debe ampliar el pasillo por donde se transporta el producto hacia la bodega de producto terminado, para que en un futuro se pueda reemplazar el transporte manual que realizan los operarios, por un montacargas que agilizaría el proceso y de paso disminuiría los costos de mano de obra a largo plazo. A continuación se muestra un montacargas con una capacidad bastante considerable, que puede ser implementado. Se tuvo en cuenta la marca CATERPILLAR por ser una de las mejores del mercado, por su precio y accesibilidad.

Tabla 53. Información montacargas.

GP45K	12000	12,5	172	82,5	86,5
GP50K	13500	14,5	188	76	106
Modelos	(1)Capacidad Lb	Velocidad Maxima (mph)	Altura Descarga (in)	Velocidad Levante (mph)	Velocidad de LevanteMinima (mph)
Gasolina - Gas -Dual					
P3000	4000	11,5	170	130	99
P3500	5000	11,5	170	130	99
PC4000	5500	10,5	186	105	99
P4000	6000	10,5	186	105	99
P5000	6500	10,5	186	105	99
P5500	7000	12,5	183	112	108
P6000	8000	12,5	159	112	108
P6500	8000	12,5	209	112	108
P7000	10000	12,5	189	82,5	86,5
GP40K	10000	12,5	189	82,5	86,5
GP40KL	12000	12,5	189	82,5	86,5

Figura 50. Montacargas CATERPILLAR.



Poderosamente productivo

Poderosos motores de gasolina, gas LP y diesel con inyección de combustible, le brindan los caballos de fuerza y el torque necesario en las aplicaciones más severas. Si usted busca optimizar su productividad y al mismo tiempo tener responsabilidad ambiental, nuestras maquinas le ofrecen las velocidades más eficientes de tracción y excelentes velocidades al levantar y bajar las cargas con sistemas de combustible que exceden los reglamentos de protección ambiental dictadas por la EPA de los EE.UU.

Confortablemente acojinado

Confort significa productividad. Un asiento con suspensión que le permite al operador ajustarlo hacia delante, hacia atrás, el peso y un ajuste lumbar. El fuerte y robusto diseño le da confort al absorber los impactos y la vibración.

Protegemos su inversión

El nuevo Sistema de Detección del Operador, le ayuda a proteger al operador y sus materiales al bloquear la transmisión y el mástil si el operador no esta sentado en el asiento. El sistema se reactiva de nuevo al sentarse el operador correctamente en el asiento.

Figura 51. Componentes del montacargas.



Cambio fácil

Cambiar los tanques de gas LP ahora es más fácil. Un soporte para tanque tipo columpio, reduce el esfuerzo del operador, aumentando la productividad. El cilindro de gas para servicio pesado le ayuda a balancear el peso del tanque y a controlar el movimiento hacia ambos lados, necesitando el mínimo esfuerzo para montar y desmontar el tanque.

Máximo rendimiento

Un amplio rango de opciones está disponible para maximizar su inversión. Opciones como el desplazador integrado al carro mostrado en la foto, esta disponible para cualquier modelo. El nuevo diseño de desplazador le ofrece una excelente capacidad de levante, brindándole al mismo tiempo mejor visibilidad del área de trabajo. Solicite más información a su distribuidor de montacargas Cat.

Sugerencia 3. El cambio de la retroexcavadora por una que tenga mas capacidad es indispensable para generar un aumento en la alimentación de las tolvas, que son quienes generan la producción. A continuación se muestra una de las mejores que existen en el mercado, teniendo en cuenta el precio, la capacidad, carta técnica y accesibilidad para dicho producto, sugiriendo la marca CATERPILLAR, por ser una de las mejores que existe en el mercado.

Figura 52. Eslogan CATERPILLAR.



Figura 53. Retroexcavadora.



Sistema de control de amortiguación.

El sistema de control de amortiguación opcional incorpora un acumulador de nitrógeno en el circuito de levantamiento del cargador que suaviza la amortiguación en todas las condiciones, incluidas la carga y el acarreo, el desplazamiento en carretera o el desplazamiento normal en el sitio de trabajo.

Mayor productividad.

La opción de control de amortiguación mejora la retención del material en el cucharón cargador para aumentar la productividad y proporcionar un sitio de trabajo más limpio.

Capacidad de control.

El control de amortiguación reduce las sacudidas de la máquina, proporcionando un desplazamiento estable y suave para aumentar la comodidad y reducir la fatiga del operador.

Operación cómoda.

El sistema se conecta fácilmente utilizando un interruptor en la consola delantera.

Estación del operador

La nueva estación del operador aumenta al máximo su comodidad y productividad. La cabina es espaciosa y proporciona excelente visibilidad y facilidad para usar los controles tradicionales de la retroexcavadora mecánica.

Cargador

Capacidad del cucharón – Uso general	0,76 m³	1 yd³
Ancho del cucharón – Uso general	2.262 mm	7,4166 pie
Altura de descarga a ángulo máximo	2.651 mm	8,666 pie
Alcance de descarga a ángulo máximo	772 mm	2,5 pie
Profundidad de excavación	106 mm	4 pulg
Capacidad de levantamiento a altura máxima	2.547 kg	5.615 lb
Fuerza de desprendimiento del cucharón	40.9 kN	9.185 lb

Especificaciones de operación – Retroexcavadora

Círculo de giro: Exterior, neumáticos delanteros	8,16 m	26,75 pie
Círculo de Giro: Exterior, cucharón de carga más ancho	10,74 m	35,25 pie
• ISO 5010:		
• Tracción en 2 ruedas, tracción en las cuatro ruedas (rueda interior sin freno).		

Motor

Modelo de motor (estándar)	3054C DINA	
Potencia bruta – SAE J1995	58 kW	78 hp
Potencia bruta – ISO 14396	56 kW	76 hp
Potencia neta – SAE J1349	55 kW	74 hp
Potencia neta – ISO 9249	56 kW	75 hp
Potencia neta – EEC 80/1269	56 kW	75 hp
Modelo de motor (optativo)	3054C DIT	
Potencia bruta – SAE J1995	69 kW	93 hp
Potencia bruta – ISO 14396	68 kW	92 hp
Potencia neta – SAE J1349	66 kW	89 hp
Potencia neta – ISO 9249	67 kW	90 hp
Potencia neta – EEC 80/1269	67 kW	90 hp
Calibre	105 mm	4,13 pulg
Carrera	127 mm	5 pulg
Cilindrada	4,4 L	268 pulg ³

Reserva de par neta a 1.400 rpm – estándar

Reserva de par neta a 1.400 rpm – optativa

Par máximo neto a 1.400 rpm – estándar – SAE J1349

Par máximo neto a 1.400 rpm – optativo – SAE J1349

- Las nuevas clasificaciones de potencia se aplican a 2.200 rpm cuando se someten a prueba en las condiciones indicadas para la norma especificada.
- La potencia neta anunciada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.
- Con base en condiciones de aire estándar de 25° C (77° F) y 99 kPa (29,32 pulg) en barómetro seco.
- Se usó un combustible de peso específico API de 35° con un poder calorífico inferior de 42.780 kJ/kg (18.390 Btu/lb) cuando se usa a 30° C (89° F) [referida a una densidad de combustible de 839 g/L (7 lb/gal de EE.UU.)]
- Sólo requiere reducción de potencia en altitudes mayores que 7.500 pies (2.286 m)
- La reserva de par neta cumple con la norma SAE J1349.

Pesos

Peso en operación – Nominal	6792 kg	14.960 lb
Peso en orden de trabajo – Máximo	10.200 kg	22.466 lb
Cabina, ROPS/FOPS	220 kg	485 lb
Control de amortiguación	25 kg	55 lb
Tracción en las cuatro ruedas	155 kg	342 lb
Cucharón de uso múltiple 0,96 m ³ (1,25 yd ³) con horquilla plegable	884 kg	1.949 lb
Cucharón de uso múltiple 0,96 m ³ (1,25 yd ³) sin horquilla plegable	714 kg	1.574 lb
Brazo extensible (sin contrapesos)	314 kg	692 lb
Contrapesos (Opción 1)	116 kg	255 lb
Contrapesos (Opción 2)	231 kg	510 lb
Contrapesos (Opción 3)	488 kg	1.075 lb

- El peso bruto total de la máquina no debe ser mayor que 10.200 kg (22.466 lb).

Retroexcavadora

Profundidad de excavación – estándar	4.360 mm	14,3 pie
Brazo extensible retraído	4.402 mm	14,4 pie
Brazo extensible extendido	5.456 mm	17,9 pie
Alcance desde el pivote de rotación – estándar	5.618 mm	18,4 pie
Brazo extensible retraído	5.657 mm	18,58 pie
Brazo extensible extendido	6.666 mm	21,833 pie
Rotación del cucharón	205 Grados	
Fuerza de excavación del cucharón – estándar	51,8 kN	11.655 lb
Brazo extensible retraído	51,1 kN	11.491 lb
Brazo extensible extendido	51,1 kN	11.491 lb
Fuerza de excavación del brazo – estándar	31,8 kN	7.151 lb
Brazo extensible retraído	31,8 kN	7.151 lb
Brazo extensible extendido	23,4 kN	5.250 lb
Levantamiento del brazo a 2.440 mm (8 pies) – estándar	2.321 kg	5.106 lb
Brazo extensible retraído	2.112 kg	4.646 lb
Brazo extensible extendido	1.323 kg	2.916 lb
Altura de carga – estándar	3.636 mm	11,9 pie
Brazo extensible retraído	3.577 mm	11,75 pie
Brazo extensible extendido	4.145 mm	13,58 pie
Alcance de carga – estándar	1.768 mm	5,8 pie
Brazo extensible retraído	1.868 mm	6,166 pie
Brazo extensible extendido	2.771 mm	9,08 pie

Tren de fuerza

Transmisión servomecánica, primera de avance	6 kph	3,7 mph
Segunda de avance	9,5 kph	5,9 mph
Tercera de avance	19,8 kph	12,3 mph
Cuarta de avance	39,9 kph	24,8 mph
Transmisión servomecánica, primera de retroceso	6 kph	3,7 mph
Segunda de retroceso	9,5 kph	5,9 mph
Tercera de retroceso	19,8 kph	12,3 mph
Cuarta de retroceso	39,9 kph	24,8 mph

- La palanca de operación manual, de fácil acceso, proporciona cambios de sentido de marcha instantáneos entre marcha de avance y marcha de retroceso por medio de embragues hidráulicos.
- El embrague de rueda libre del convertidor de par permite al estator del convertidor desplazarse a rueda libre durante las condiciones de par bajo y de alta velocidad tales como el desplazamiento por carretera.
- Una etapa, relación de calado de 2,63:1.
- Velocidades de desplazamiento de una retroexcavadora cargadora con tracción en dos ruedas a plena aceleración, equipada con neumáticos traseros 19.5 × 24.

Dimensiones y rendimiento del cucharón del cargador

	Cargador de inclinación sencilla		
	Uso general (0,76 m³/1,0 yd³)	Uso general (0,96 m³/1,25 yd³)	De usos múltiples (1,0 m³/1,3 yd³)
Capacidad (según SAE)	0,76 m³/1,0 yd³	0,96 m³/1,25 yd³	1,0 m³/1,3 yd³
Ancho	2.262 mm/7 pies 5 pulg	2.262 mm/7 pies 5 pulg	2.262 mm/7 pies 5 pulg
Capacidad de levantamiento a altura máxima	2.547 kg/5.615 lb	2.427 kg/5.351 lb	2.225 kg/4.905 lb
Fuerza de desprendimiento	40,9 kN/9.185 lb	38,1 kN/8.565 lb	37,2 kN/8.363 lb
(7) Altura máxima del pasador de bisagra	3.296 mm/10 pies 10 pulg	3.296 mm/10 pies 10 pulg	3.296 mm/10 pies 10 pulg
(8) Ángulo de descarga a altura máxima	44°	44°	44°
Altura de descarga a ángulo máximo	2.651 mm/8 pies 8 pulg	2.573 mm/8 pies 5 pulg	2.624 mm/8 pies 7 pulg
(9) Alcance de descarga a ángulo máximo	772 mm/2 pies 6 pulg	853 mm/2 pies 10 pulg	761 mm/2 pies 6 pulg
(10) Máxima inclinación del cucharón hacia atrás a nivel del terreno	39°	39°	40°
(11) (Profundidad de excavación	106 mm/4 pulg	106 mm/4 pulg	133 mm/5 pulg
Ángulo máximo de nivelación	110°	107°	110°
Ancho de la cuchilla de la hoja topadora	N/A	N/A	2.262 mm/7 pies 5 pulg
(12) Rejilla a cuchilla del cucharón, posición de acarreo	1.428 mm/4 pies 8 pulg	1.516 mm/5 pies 0 pulg	1.480 mm/4 pies 10 pulg
(13) Altura máxima de operación	4.063 mm/13 pies 4 pulg	4.196 mm/13 pies 9 pulg	4.244 mm/13 pies 11 pulg
Abertura máxima de la mandíbula	N/A	N/A	790 mm/2 pies 7 pulg
Fuerza de sujeción de la mandíbula del cucharón	N/A	N/A	50,6 kN/11.385 lb
Peso (no incluye dientes ni horquillas)	340 kg/750 lb	438 kg/967 lb	723 kg/1.594 lb

BIBLIOGRAFIA

ARAGON CH, Alexander y ARIAS C, Giovanny de J. Simulación en Promodel. Sección de laboratorios. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2004. 26 p.

Bio Mates: Distribuciones de probabilidad [en línea]. [s.l.]: Mario Rodríguez Ritorto, 2006. [Consultado el día 12 de diciembre de 2006]. Disponible en Internet: [http://f/BioMates Distribuciones de probabilidad.htm](http://f/BioMatesDistribucionesdeprobabilidad.htm).

BLANCO RIVERO, Luís Ernesto y FAJARDO PIEDRAHITA, Iván Darío. Simulación con promodel. Casos de producción y logística. Bogota: Escuela colombiana de ingeniería, 2004. 360 p.

BRAVO B, Juan J. y MELCHOR C, Madeline. Experimentación con simulación. Introducción al promodel. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 2006. 64 p.

CATERPILLAR: Montacargas [en línea]. Houston, 2004. [Consultado el día 2 de febrero de 2007]. Disponible en Internet: [http:// www.cat-lift.com](http://www.cat-lift.com)
www.caterpillar.com

ENTREVISTA con Juan Carlos Paeres, Gerente General de la Organización. Tulúa, 5 de septiembre de 2006.

Key currículo press: Educators [en línea]. Emeryville: Key currículo press, 2007. [Consultado el día 7 de Enero de 2007]. Disponible en Internet: [http:// www.keycurriculumpress.com](http://www.keycurriculumpress.com)

Promodel: Promodel Solutions [en línea]. Estados Unidos, 2006. [Consultado el día 2 de noviembre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.promodel.com>

VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de gestión de inventarios. 2 ed. Colombia: Facultad de ingenierías universidad del valle, 2003. 210 p.

Wikipedia: La enciclopedia libre. [en línea]. Florida: Wikymedia foundation, 2006. [Consultado el día 8 de Noviembre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.wikipedia.com>

ANEXOS

Anexo 1. Resultado Del análisis del Stat Fit para T0.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
LogLogistic[-2.66, 171, 2.94]	98.2	do not reject
Logistic[0.285, 1.74e-002]	92.4	do not reject
Lognormal[-181, 5.2, 1.7e-004]	71.	do not reject
Normal[0.285, 3.09e-002]	71.	do not reject
Beta[0.131, 0.42, 11.1, 9.66]	55.9	do not reject
Weibull[0.183, 3.71, 0.114]	55.	do not reject
Pearson 5[-9.53e-002, 148, 55.8]	47.	do not reject
Triangular[0.205, 0.366, 0.28]	20.2	do not reject
Extreme Value IB[0.301, 2.99e-002]	3.07	reject
Uniform[0.21, 0.36]	3.07e-002	reject
Power Function[0.21, 0.364, 1.27]	5.09e-004	reject
Rayleigh[-1.73e+153, 1.22e+153]	0.	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 2. Resultado Del análisis del Stat Fit para T1.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
LogLogistic[-4.53, 239, 4.87]	98.5	do not reject
Logistic[0.341, 2.06e-002]	96.4	do not reject
Lognormal[-181, 5.2, 2.02e-004]	87.7	do not reject
Normal[0.341, 3.67e-002]	87.6	do not reject
Weibull[0.225, 3.51, 0.129]	79.1	do not reject
Beta[0.154, 0.508, 11.7, 10.5]	74.3	do not reject
Triangular[0.25, 0.436, 0.34]	56.3	do not reject
Pearson 5[-0.107, 142, 63.2]	46.4	do not reject
Extreme Value IB[0.359, 3.58e-002]	5.89	do not reject
Rayleigh[0.256, 6.55e-002]	0.656	reject
Uniform[0.26, 0.43]	9.52e-002	reject
Power Function[0.26, 0.438, 1.08]	2.53e-003	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 3. Resultado Del análisis del Stat Fit para T2.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Power Function(0.348, 0.432, 0.908)	100	do not reject
Weibull(0.346, 1.68, 4.46e-002)	84.8	do not reject
Inverse Gaussian(0.317, 0.531, 6.97e-002)	70.4	do not reject
Lognormal(0.314, -2.68, 0.339)	66.4	do not reject
Rayleigh(0.343, 3.53e-002)	60.2	do not reject
Gamma(0.252, 31.9, 4.2e-003)	42.7	do not reject
Triangular(0.345, 0.446, 0.36)	42.1	do not reject
Erlang(0.252, 32., 4.18e-003)	41.8	do not reject
Pearson 5(0.295, 15.3, 1.29)	38.7	do not reject
Logistic(0.385, 1.44e-002)	26.6	reject
Normal(0.386, 2.39e-002)	22.2	do not reject
Extreme Value IA(0.374, 1.88e-002)	21.8	do not reject
Beta(0.35, 0.43, 1.52, 1.82)	16.8	do not reject
Pearson 6(0.35, 43.9, 2.62, 2.95e+003)	12.7	reject
LogLogistic(-3.39e-002, 31.7, 0.418)	9.08	do not reject
Uniform(0.35, 0.43)	3.49	reject
Extreme Value IB(0.399, 2.33e-002)	2.47	reject
Exponential(0.35, 3.63e-002)	4.e-002	reject
Pareto(0.35, 10.3)	1.07e-002	reject
Chi Squared(0.35, 0.51)	0.	reject
Inverse Weibull	no fit	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 4. Del análisis del Stat Fit para T3.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Logistic(0.456, 1.11e-002)	84.1	do not reject
LogLogistic(0.126, 31.5, 0.33)	66.2	do not reject
Weibull(0.329, 7.98, 0.135)	59.1	do not reject
Normal(0.455, 1.88e-002)	29.2	do not reject
Lognormal(-291, 5.68, 6.46e-005)	29.2	do not reject
Triangular(0.41, 0.494, 0.46)	28.2	do not reject
Extreme Value IB(0.464, 1.63e-002)	18.9	do not reject
Pearson 5(0.292, 63.5, 10.2)	3.83	reject
Uniform(0.42, 0.49)	0.316	reject
Rayleigh(0.414, 3.21e-002)	0.18	reject
Power Function(0.42, 0.492, 1.41)	1.55e-002	reject
Beta(0.42, 0.49, 0.933, 1.13)	4.3e-004	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 5. Resultado Del análisis del Stat Fit para T4.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Extreme Value IB(0.517, 1.82e-002)	93.	do not reject
Beta(0.467, 0.55, 1.86, 2.12)	25.7	do not reject
Pearson 5(0.406, 21., 2.05)	24.8	do not reject
Normal(0.507, 1.95e-002)	23.7	do not reject
Lognormal(-112, 4.73, 1.73e-004)	23.7	do not reject
Logistic(0.507, 1.17e-002)	22.7	do not reject
Weibull(0.457, 2.82, 5.58e-002)	20.7	do not reject
Rayleigh(0.466, 3.17e-002)	10.9	reject
LogLogistic(-2.7, 295, 3.2)	5.11	reject
Triangular(0.466, 0.556, 0.49)	2.21	reject
Uniform(0.47, 0.55)	0.433	reject
Power Function(0.47, 0.552, 1.08)	3.82e-002	reject
Johnson SB(0.479, 5.88e-002, 0.244, 0.572)	0.	reject

Anexo 6. Resultado Del análisis del Stat Fit para T5.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Logistic(0.531, 3.25e-002)	100	do not reject
LogLogistic(-17.5, 560, 18.)	98.4	do not reject
Lognormal(-181, 5.2, 3.18e-004)	62.8	do not reject
Normal(0.531, 5.78e-002)	62.7	do not reject
Pearson 5(-0.46, 288, 285)	62.5	do not reject
Beta(0.258, 0.793, 10.5, 10.1)	50.3	do not reject
Weibull(0.346, 3.56, 0.206)	49.7	do not reject
Triangular(0.386, 0.68, 0.53)	40.	do not reject
Extreme Value IB(0.56, 5.63e-002)	2.55	reject
Rayleigh(0.394, 0.105)	0.519	reject
Uniform(0.4, 0.67)	6.71e-002	reject
Power Function(0.4, 0.678, 1.16)	8.57e-004	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 7. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Quebrantado.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[0.346, -2.35, 0.205]	100	do not reject
Weibull[0.403, 2.12, 4.56e-002]	80.2	do not reject
Gamma[0.348, 22.5, 4.22e-003]	61.	do not reject
Erlang[0.348, 23., 4.12e-003]	57.5	do not reject
Rayleigh[0.404, 3.1e-002]	54.4	do not reject
LogLogistic[0.147, 26.7, 0.294]	52.2	do not reject
Pearson 5[0.355, 18.1, 1.51]	48.9	do not reject
Logistic[0.442, 1.16e-002]	41.7	do not reject
Extreme Value IA[0.433, 1.57e-002]	27.3	do not reject
Beta[0.407, 0.503, 1.67, 2.82]	23.5	reject
Normal[0.443, 2.e-002]	14.1	reject
Inverse Gaussian[0.347, 2.16, 9.59e-002]	13.4	reject
Power Function[0.408, 0.492, 0.869]	1.8	reject
Pearson 6[0.41, 0.922, 4.21, 108]	1.75	reject
Extreme Value IB[0.454, 2.05e-002]	0.861	reject
Uniform[0.41, 0.49]	2.21e-002	reject
Triangular[0.41, 0.499, 0.41]	2.67e-003	reject
Exponential[0.41, 3.33e-002]	0.	reject
Pareto[0.41, 13.]	0.	reject
Chi Squared[0.41, 0.511]	0.	reject
Inverse Weibull	no fit	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 8. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Triturado.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
LogLogistic[-0.154, 38.3, 0.373]	83.1	reject
Logistic[0.218, 9.24e-003]	55.7	reject
Weibull[0.148, 4.35, 7.56e-002]	34.6	reject
Normal[0.217, 1.75e-002]	21.3	reject
Lognormal[-291, 5.68, 6.01e-005]	21.3	reject
Extreme Value IB[0.226, 1.83e-002]	7.82	reject
Beta[0.17, 0.27, 4.02, 4.62]	3.3	reject
Triangular[0.166, 0.272, 0.22]	0.486	reject
Pearson 5[0.126, 21., 1.81]	4.16e-002	reject
Uniform[0.17, 0.27]	0.	reject
Rayleigh[0.169, 3.65e-002]	0.	reject
Power Function[0.17, 0.277, 1.13]	0.	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 9. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Secado.

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Gamma[0.673, 6.39, 8.9e-003]	95.7	do not reject
LogLogistic[0.546, 14.8, 0.182]	95.	do not reject
Rayleigh[0.687, 3.41e-002]	93.6	do not reject
Beta[0.683, 0.936, 3.31, 14.5]	89.1	do not reject
Weibull[0.687, 1.95, 4.76e-002]	79.9	do not reject
Erlang[0.673, 6., 9.44e-003]	79.2	do not reject
Lognormal[0.653, -2.61, 0.291]	74.2	do not reject
Inverse Gaussian[0.653, 0.861, 7.65e-002]	72.7	do not reject
Logistic[0.728, 1.26e-002]	71.3	do not reject
Pearson 5[0.637, 17.9, 1.55]	53.	do not reject
Pearson 6[0.69, 3.01, 3.08, 231]	39.7	do not reject
Normal[0.73, 2.25e-002]	36.1	do not reject
Extreme Value IA[0.719, 1.77e-002]	26.4	do not reject
Triangular[0.688, 0.804, 0.7]	10.	do not reject
Extreme Value IB[0.742, 2.6e-002]	0.695	reject
Exponential[0.69, 3.97e-002]	1.27e-004	reject
Power Function[0.689, 0.806, 0.797]	7.58e-005	reject
Pareto[0.69, 18.]	7.05e-005	reject
Uniform[0.69, 0.8]	0.	reject
Chi Squared[0.69, 0.518]	0.	reject
Inverse Weibull	no fit	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 10. Resultado Del análisis del Stat Fit para T de Molienda.

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Triangular[0.783, 0.998, 0.81]	97.1	do not reject
Weibull[0.785, 1.67, 9.23e-002]	76.2	do not reject
Gamma[0.776, 2.93, 3.11e-002]	60.	do not reject
Pearson 6[0.79, 29.1, 2.34, 851]	59.6	do not reject
Erlang[0.776, 3., 3.04e-002]	55.	do not reject
Inverse Gaussian[0.735, 0.826, 0.133]	47.8	do not reject
Lognormal[0.734, -2.08, 0.384]	45.2	do not reject
Pearson 5[0.68, 14.6, 2.55]	41.5	do not reject
Rayleigh[0.777, 7.3e-002]	20.3	do not reject
Beta[0.79, 0.98, 1.4, 1.95]	18.2	do not reject
Extreme Value IA[0.843, 3.92e-002]	17.2	do not reject
Power Function[0.789, 0.981, 0.803]	14.7	do not reject
Logistic[0.864, 3.01e-002]	8.35	do not reject
LogLogistic[0.159, 25.6, 0.704]	5.31	do not reject
Normal[0.867, 4.99e-002]	3.33	reject
Extreme Value IB[0.893, 5.01e-002]	0.679	reject
Exponential[0.79, 7.75e-002]	3.46e-002	reject
Uniform[0.79, 0.98]	1.87e-002	reject
Pareto[0.79, 10.9]	9.85e-003	reject
Chi Squared[0.79, 0.609]	0.	reject
Johnson SB[0.792, 0.175, 0.293, 0.749]	0.	reject
Inverse Weibull	no fit	reject

Anexo 11. Del análisis del Stat Fit para T de Empaque por cada 10 bultos.

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Logistic(0.158, 8.55e-003)	96.7	do not reject
Beta(0.11, 0.191, 4.04, 2.83)	84.7	do not reject
Normal(0.158, 1.45e-002)	75.7	do not reject
Lognormal[-181, 5.2, 8.01e-005]	75.7	do not reject
Weibull(8.88e-002, 5.51, 7.52e-002)	44.1	reject
LogLogistic[-0.202, 44.5, 0.36]	29.8	reject
Pearson 5[6.12e-002, 41.2, 3.89]	6.93	reject
Extreme Value IB(0.165, 1.3e-002)	4.36	reject
Power Function[0.12, 0.183, 1.81]	0.248	reject
Triangular[0.118, 0.18, 0.18]	0.	reject
Uniform[0.12, 0.18]	0.	reject
Rayleigh[-1.73e+153, 1.22e+153]	0.	reject
Johnson SB	no fit	reject

Anexo 12. Resultado Del análisis del Stat Fit para la distribución de los pedidos de arcicol para el mes de agosto

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[1.7e+004, 10.7, 0.617]	98.3	do not reject
Inverse Weibull[-6.71e+004, 5.62, 8.15e-006]	88.8	do not reject
Inverse Gaussian[8.51e+003, 2.21e+005, 6.42e-006]	76.	do not reject
Erlang[2.15e+004, 2., 2.56e+004]	63.9	do not reject
Gamma[2.15e+004, 2.31, 2.22e+004]	58.9	do not reject
Weibull[2.39e+004, 1.45, 5.39e+004]	51.4	do not reject
Pearson 6[2.5e+004, 1.29e+005, 3.36, 10.]	47.2	do not reject
Pearson 5[1.65e+004, 1.81, 6.99e+004]	14.5	do not reject
Extreme Value IA[5.92e+004, 2.78e+004]	11.1	do not reject
LogLogistic[-8.17e+004, 8.1, 1.51e+005]	10.6	do not reject
Logistic[6.84e+004, 1.86e+004]	8.91	do not reject
Rayleigh[1.61e+004, 4.71e+004]	2.66	do not reject
Normal[7.27e+004, 3.52e+004]	1.93	reject
Exponential[2.5e+004, 4.77e+004]	0.267	reject
Extreme Value IB[9.25e+004, 4.58e+004]	7.62e-002	reject
Triangular[1.87e+004, 1.95e+005, 4.5e+004]	4.71e-002	reject
Power Function[2.48e+004, 1.84e+005, 0.647]	2.35e-002	reject
Beta[2.5e+004, 2.87e+005, 0.737, 4.65]	6.8e-005	reject
Pareto[2.5e+004, 1.03]	2.09e-005	reject
Uniform[2.5e+004, 1.84e+005]	0.	reject
Johnson SB[3.61e+004, 1.e+005, 0.712, 0.772]	0.	reject
Chi Squared	no fit	reject